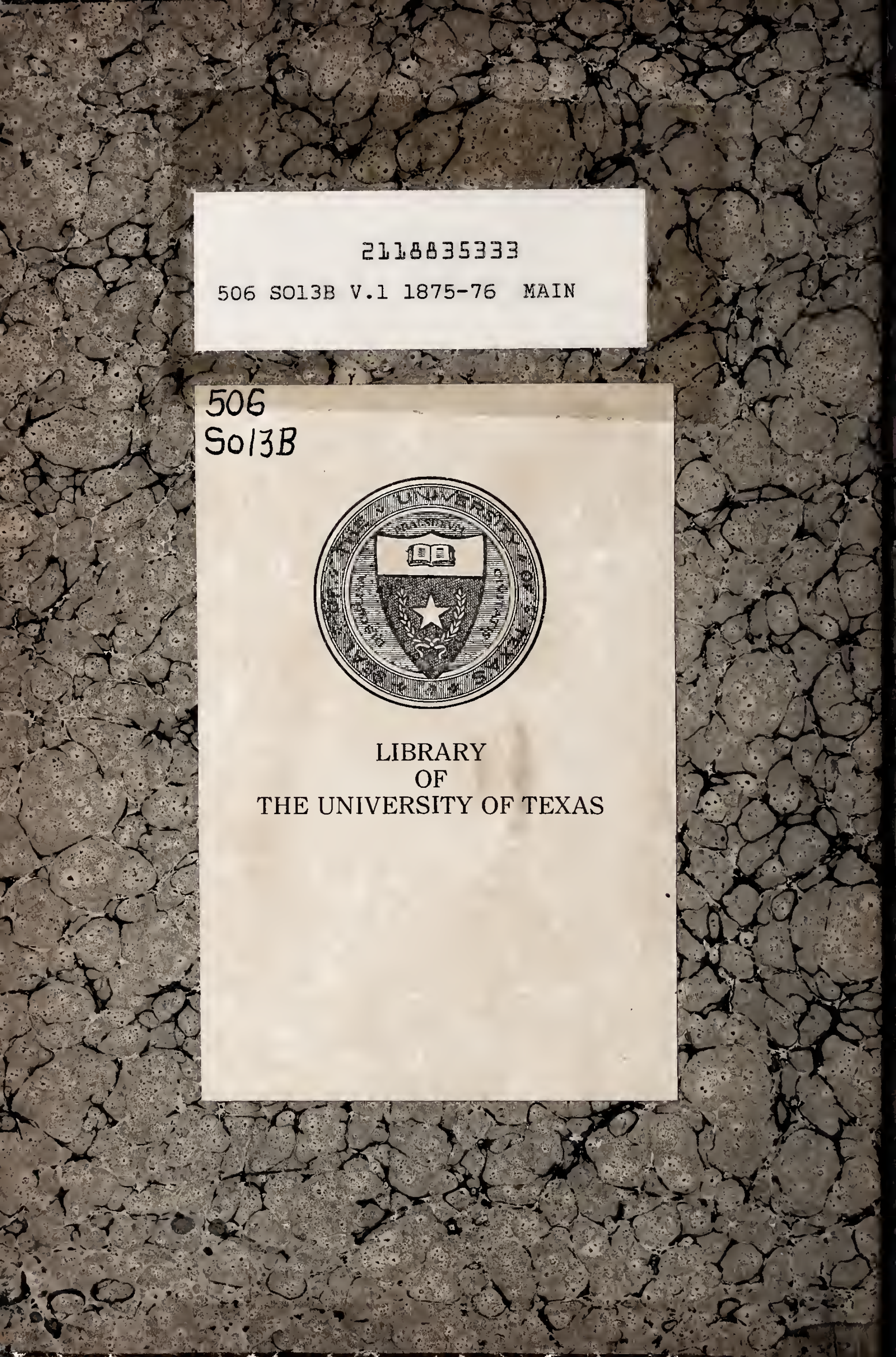
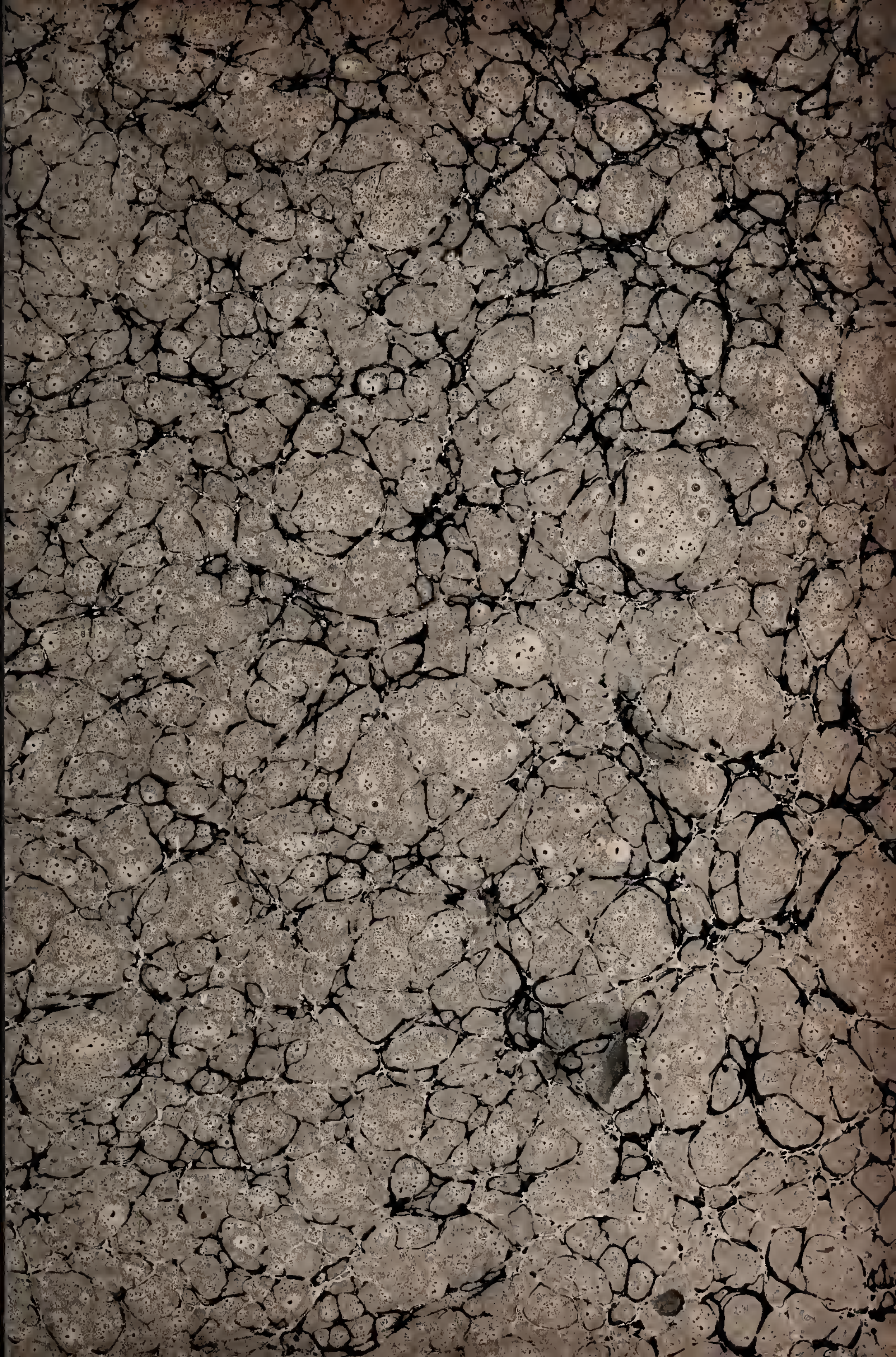
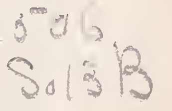

UNIV OF TX AUSTIN - LIB STORAGE
05248069





SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE

DE BRUXELLES.





ANNALES

DE LA

SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE

DE BRUXELLES.

Nulla unquam inter fidem et rationem vera dissensio esse potest.

CONST. DE FID. CATH. C IV.

PREMIÈRE ANNÉE, 1875-1876.

PRIX : **20** FRANCS.

BRUXELLES,

F. HAYEZ, IMPRIMEUR DE L'ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE.

1877

TABLE DES MATIÈRES.

PREMIÈRE PARTIE.

DOCUMENTS ET COMPTES RENDUS.

AUTEURS.

SECONDE PARTIE.

MÉMOIRES.

AUTEURS.

PREMIÈRE PARTIE.

DOCUMENTS ET COMPTES RENDUS.

STATUTS.

Art. 1. — Il est constitué à Bruxelles une association qui prend le nom de Société scientifique de Bruxelles, avec la devise : « *Nulla unquam inter fidem et rationem vera dissensio esse potest* (1). »

Art. 2. — Cette association se propose de favoriser, conformément à l'esprit de sa devise, l'avancement et la diffusion des sciences.

Art. 3. — Elle publiera annuellement le compte rendu de ses réunions, les travaux présentés par ses membres, et des rapports sommaires sur les progrès accomplis dans chaque branche.

Elle tâchera de rendre possible la publication d'une revue destinée à la vulgarisation.

(1) Const. de Fid. cath. C. iv.

Art. 4. — Elle se compose d'un nombre illimité de membres, et fait appel à tous ceux qui reconnaissent l'importance d'une culture scientifique sérieuse pour le bien de la société.

Art. 5. — Elle est dirigée par un *Conseil* de vingt membres, élus annuellement dans son sein. Le Président, les Vice-Présidents, le Secrétaire et le Trésorier font partie de ce Conseil. Parmi les membres du Bureau, le Secrétaire et le Trésorier sont seuls rééligibles.

Art. 6. — Pour être admis dans l'association, il faut être présenté par deux membres. La demande, signée par ceux-ci, est adressée au Président, qui la soumet au Conseil. L'admission n'est prononcée qu'à la majorité des deux tiers des voix.

L'exclusion d'un membre ne pourra être prononcée que pour des motifs graves et à la majorité des deux tiers des membres du Conseil.

Art. 7. — Les membres qui souscrivent, à une époque quelconque, une ou plusieurs parts du capital social, sont *membres fondateurs*. Ces parts sont de 500 francs. Les *membres ordinaires* versent une cotisation annuelle de 15 francs, qui peut toujours être rachetée par une somme de 150 francs, versée une fois pour toutes.

Le Conseil pourra nommer des *membres honoraires* parmi les savants étrangers à la Belgique.

Les noms des membres fondateurs figurent en tête des listes par ordre d'inscription, et ces membres reçoivent autant d'exemplaires des publications annuelles qu'ils ont souscrit de parts du capital social. Les membres ordinaires et les membres honoraires reçoivent un exemplaire de ces publications.

Tous les membres ont le même droit de vote dans les Assemblées générales.

Art. 8. — Chaque année, la Société tient quatre sessions. La principale, en octobre, pourra durer quatre jours. Le public y sera admis sur la présentation de cartes. On y lit les rapports

annuels, et l'on y nomme le Bureau et le Conseil pour l'année suivante.

Les trois autres sessions, en janvier, avril et juillet, pourront durer deux jours, et auront pour objet principal de préparer la session d'octobre.

Art. 9. — Lorsqu'une résolution, prise dans l'Assemblée générale, n'aura pas été délibérée en présence du tiers des membres de la Société, le Conseil aura la faculté d'ajourner la décision jusqu'à la prochaine session d'octobre. La décision sera alors définitive, quel que soit le nombre des membres présents.

Art. 10. — La Société ne permettra jamais qu'il se produise dans son sein aucune attaque, même courtoise, à la religion catholique, ou à la philosophie spiritualiste et religieuse.

Art. 11. — Dans les sessions, la Société se répartit en cinq sections : I. *Sciences mathématiques*, II. *Sciences physiques*, III. *Sciences naturelles*, IV. *Sciences médicales*, V. *Sciences économiques*.

Tout membre de l'association choisit chaque année la section à laquelle il désire appartenir. Il a le droit de prendre part aux travaux des autres sections avec voix consultative.

Art. 12. — La session comprend des séances générales et des séances de sections.

Art. 13. — Le Conseil représente l'association. Il a tout pouvoir pour gérer et administrer les affaires sociales. Il place en rentes sur l'État ou en valeurs garanties par l'État les fonds qui constituent le capital social.

Il fait tous les règlements d'ordre intérieur que peut nécessiter l'exécution des statuts, sauf le droit de contrôle de l'Assemblée générale.

Il délibère, sauf les cas prévus à l'article 6, à la majorité des membres présents. Néanmoins, aucune résolution ne sera valable qu'autant qu'elle aura été délibérée en présence du tiers au moins des membres du Conseil dûment convoqué.

Art. 14 — Tous les actes, reçus et décharges sont signés par le Trésorier et un membre du Conseil, délégué à cet effet.

Art. 15. — Le Conseil dresse annuellement le budget des dépenses de l'association et présente dans la session d'octobre le compte détaillé des recettes et dépenses de l'exercice écoulé. L'approbation de ces comptes, après examen de l'Assemblée, lui donne décharge.

Art. 16. — Les statuts ne pourront être modifiés que sur la proposition du Conseil, à la majorité des deux tiers des membres votants, et dans l'Assemblée générale d'octobre.

Les modifications ne pourront être soumises au vote qu'après avoir été proposées dans une des sessions précédentes. Elles devront figurer à l'ordre du jour dans les convocations adressées à tous les membres de la Société.

Art. 17. — La devise et l'article 10 ne pourront jamais être modifiés.

En cas de dissolution, l'Assemblée générale, convoquée extraordinairement, statuera sur la destination des biens appartenant à l'association. Cette destination devra être conforme au but indiqué dans l'article 2.

LISTES

DES

MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES.

Liste des membres fondateurs.

S. E. le cardinal DECHAMPS, archevêque de . . . Malines.
François DE CANNART D'HAMALE, sénateur . . . Malines.
Charles DESSAIN . . . . Malines.
Le B[on] Jules VAN HAVRE . . . . Anvers.
Le chanoine MAES. . . . . Bruges.
L'abbé A. DE LEYN . . . . Bruges.
LEIRENS-ELIAERT, sénateur . . . . Alost.
Joseph SAEY . . . . Bruxelles.
Frank GILLIS . . . . Bruxelles.
Ch[er] DE SCHOUTHEETE DE TERVARENT, vice-président du Conseil provincial de la Flandre orientale . Saint-Nicolas.
Le Collége SAINT-MICHEL . . . . Bruxelles.
Le Collége NOTRE-DAME DE LA PAIX . . . . . Namur.
Le duc d'URSEL, sénateur . . . . Bruxelles.
Le P[ce] Gustave DE CROY . . . . Le Rœulx.
Le C[te] DE T'SERCLAES, gouverneur de la Flandre orientale . . . . Gand.
Auguste DUMONT DE CHASSART (1) . . . . Mellet (Hainaut).

(1) Décédé.

Charles Hermite, membre de l'Institut . . . . Paris.
L'École libre de l'Immaculée-Conception. . . . Vaugirard-Paris.
L'École libre Sainte-Geneviève. . . . . Paris.
Le Collége Saint-Servais . . . . Liége.
Le Cte de Bergeyck . . . . Beveren-Waes.
L'Institut Saint-Ignace . . . . Anvers.
Philippe Gilbert . . . . Louvain.
Le R. P. Provincial de la Compagnie de Jésus en Belgique . . . . Bruxelles.

Liste des membres honoraires.

Le R. P. Secchi, S. J., de l'Académie pontificale des Nuovi Lincei . . . . Rome.

Le Pce Boncompagni, de l'Académie pontificale des Nuovi Lincei . . . . Rome.

Antoine d'Abbadie, membre de l'Institut. . . . Paris.
Charles Hermite, membre de l'Institut . . . . Paris.
Victor Puiseux, membre de l'Institut. . . . . Paris.
Joachim Barrande . . . . Prague.
Le général Newton. . . . . New-York.
Le Docteur Foerster . . . . Aix-la-Chapelle.
Le Docteur Heis. . . . . Munster.
Le R. P. Perry, S. J., de la Société royale de Londres . . . . Stonyhurst.

A. de Lapparent . . . . Paris.

Liste générale des membres de la Société scientifique de Bruxelles.

ABBELOOS (Chanoine), docteur en théologie, curé de Duffel (Anvers).

AGIE (Gustave), rue de l'Amman. — Anvers.

ANDERMATT (Albert). — Ostende.

ANNE (Ernest), avocat, rue du Progrès. — Bruxelles.

ANSCHÜTZ (Dr. F.), professeur de mathématiques au gymnase de Neuburg A. D. (Bavière).

ANTHOINE, docteur en médecine. — Chièvres.

AURINETA (Cher Marco-Aurelio), docteur en médecine, palazzo Montoliveto. — Naples.

BAES (Abbé P.), professeur au Collége Saint-Louis. — Bruges.

BAESTEN (Charles), 7, place Royale. — Bruxelles.

BAREEL (Charles), avocat, 8, rue Saint-Guidon. — Anderlecht.

BARRANDE (Joachim), 419, Choteksgasse, Kleinseite. — Prague.

BEAUVOIS (Abbé), inspecteur cantonal de l'enseignement primaire, rue des Navets. — Anvers.

BAYLE (Émile), professeur à l'École des mines, 63, boulevard Saint-Michel. — Paris.

BECKERS (Auguste), avocat, rue Gérard. — Woluwe-Saint-Lambert.

BELLEFROID (Victor), 13, rue Hors Château. — Liége.

BELLEMANS (Jules), marché aux OEufs. — Anvers.

BELLYNCK, S. J. (R. P.), professeur au collége de la Paix, associé de l'Académie royale de Belgique, rue de Bruxelles. — Namur.

BELPAIRE (Théodore), ingénieur des ponts et chaussées, 29, rue Guillaume Tell. — Gand.

BERLEUR (Adolphe), ingénieur, 17, faubourg Saint-Laurent. — Liége.

BERNAERTS (Gustave), rue Louise. — Malines.

BERRYER (Charles), industriel, rue de Méan. — Liége.

BERTRAND (Abbé Charles), curé de Temploux, par Rhisne (Namur).

Beslay (François), rédacteur en chef du *Français,* rue de Seine. — Paris.

Béthune-Éliaert (B^on^), sénateur, rue du Pont. — Alost.

Béthune (Mgr. Félix), rue d'Argent. — Bruges.

Bianconi (J.-Jos.), professeur d'anatomie, de l'Académie pontificale des Nuovi Lincei. — Bologne.

Bivort (Alfred). — Fontaine-l'Évêque.

Blas (Ch.), professeur à l'Université, de l'Académie royale de médecine. — Louvain.

Blockhouse-Delcour, industriel. — Huy.

Blondel (Charles), place de Meir. — Anvers.

Blondel (Alfred), ingénieur, rue du Gouvernement. — Mons.

Boncompagni (P^ce^), de l'Académie pontificale des Nuovi Lincei, palazzo Piombino, piazza Colonna. — Rome.

Bonnevie (Auguste), ingénieur, 114, rue des Palais. — Bruxelles.

Bonnevie (Victor), avocat, 71, rue de Cologne. — Bruxelles.

Bossu (Abbé L.), professeur à l'Université, rue de Namur.—Louvain.

Boulay (Abbé), professeur à l'Institut catholique. — Lille (Nord — France).

Bouquillon (Abbé Th.), professeur au grand Séminaire. — Bruges.

Bourdeau (Abel), médecin de bataillon au 5me régiment de ligne, 2, place du Commerce. — Gand.

Bournonville (Abbé J.), curé de Franière, par Floreffe (Namur).

Brasseur, docteur en médecine, 66, rue Saint-Séverin. — Liége.

Brassine (J.-J.), lieutenant-colonel au régiment des grenadiers, 52, rue de Stassart. — Bruxelles.

Breithof (N.), professeur à l'Université, 52, rue du Canal.—Louvain.

Brêmen (Alfred), pharmacien, 2, rue Louvrex. — Liége.

Bribosia, docteur en médecine, membre de l'Académie royale de médecine, rue Neuve. — Namur.

Brifaut (Armand), docteur en droit, 29, rue de Toulouse.—Bruxelles.

Broers (Fr.), président du conseil provincial d'Anvers, vieille rue de Bruxelles. — Malines.

Bruylands, professeur à l'Université. — Louvain.

Busschaert (Abbé P.), professeur au Collége Saint-Louis. — Bruges.

Bussotti, S. J. (R. P.). — Sestri Ponente (Piémont — Italie).

Camauër (Jules), avocat. — Dinant.

Campioni (Charles), avocat, 28, rue du Progrès. — Bruxelles.

Capelle (Henri), 82, rue de la Station. — Louvain.

Cappellen (Guillaume), avocat, 4, place Marguerite. — Louvain.

Carbonnelle, S. J. (R. P.), docteur en sciences physiques et mathématiques, 17bis, rue des Ursulines. — Bruxelles.

Carette (Abbé R.), professeur au Collége Saint-Louis. — Bruges.

Carnoy (Abbé J.-B.), professeur à l'Université. — Louvain.

Carnoy (Joseph), professeur à l'Université, rue de Namur.—Louvain.

Cartuyvels (Jules), ingénieur, secrétaire de la Société générale des fabricants de sucre. — Liége.

Casteleyn (Edgar), 4, place Léopold. — Anvers.

Cauwel (Lucien), ingénieur, directeur de la Seigneurie de Wsetin (Moravie — Autriche).

Charles (Raymond), avocat, rue Dupont — Bruxelles.

Claes (Charles), 5, rue des Joyeuses Entrées. — Louvain.

Claeys (Constant), ingénieur. — Courtrai.

Closon, avocat, place Saint-Jean. — Liége.

Cogels (J.-B.-Henri), 58, longue rue de l'Hôpital. — Anvers.

Colin (Victor), ingénieur. — Gorze, par Metz (Alsace-Lorraine).

Collége Notre-Dame de la Paix. — Namur.

Collége Saint-Michel. — Bruxelles.

Collége Saint-Servais. — Liége.

Colson (Chanoine). — Namur.

Comberbach, docteur en médecine, 46, rue de la Commune. — Bruxelles.

Cools (Auguste), ingénieur. — Lierre.

Coppieters de Stockhove (Abbé Ch.), professeur au Collége Saint-Louis. — Bruges.

Cortin (Victor), chimiste. — Mouseron.

Corvilhain (Abbé), directeur de l'École normale de l'État.—Nivelles.

Cousin (Émile), ingénieur, directeur des carrières et usines de Forrières (Luxembourg).

Cousin (L.), professeur à l'Université, 166, rue de la Station. — Louvain.

Cousot, docteur en médecine, membre de l'Académie royale de médecine. — Dinant.

Criquillion (Louis), ingénieur. — Lierre.

Crokaert (François), 197ª, avenue Louise. — Bruxelles.

Cruyt (Alexandre), avocat, membre de la Chambre des Représentants, 40, rue Savaen. — Gand.

d'Abbadie (Antoine), membre de l'Institut, 120, rue du Bac. — Paris; ou Abbadia par Hendaye (Basses-Pyrénées. — France).

Dallemagne (Émile), ingénieur, directeur des laminoirs de la Société de Selessin (Liége).

Dallemagne (Jules), ingénieur. — Selessin (Liége).

Daron (Paul), 85, chaussée de Wavre. — Bruxelles.

d'Aspremont-Lynden (Cte Charles), château d'Haltinnes par Andenne (Namur).

Daubioul, docteur en médecine. — Sclayn par Namèche (Namur).

Dautricourt (Camille), ingénieur, place du Parc. — Bruges.

d'Auxy de Launois (Cte Alb.), rue du Lombard. — Mons.

De Baets (Herman), marché aux Grains. — Gand.

Debaisieux, professeur à l'Université. — Louvain.

De Bauque (Louis). — Houdeng-Aimeries par Houdeng-Gœgnies (Hainaut).

de Bergeyck (Cte), château de Beveren-Waes (Flandre orientale).

De Beys (Louis), 18, rue de Vienne. — Bruxelles.

De Blauwe (Jean), juge de paix, Grand'Place. — Courtrai.

de Bodenham (Ch.), Rotherwas Castle, Hereford (Angleterre).

De Bontridder (Fritz), rue de Louvain — Vilvorde.

de Borman (Cher Camille), membre de la députation permanente du Limbourg. — Schalkhoven par Bilsen (Limbourg).

Debouche (Émile), ingénieur, 14, rue de Bruxelles. — Namur.

de Bounam de Ryckholt (B^on^), château de Grathem par Ruremonde (Pays-Bas).

de Bousies (Cte Adhémar), rue d'Havré. — Mons.

Debras (Chanoine), principal du Collége de Bellevue. — Dinant.

De Brouwer (Abbé), professeur au grand Séminaire. — Bruges.

De Bruyn (Léon), bourgmestre de Termonde.

De Bruyn (Tony), juge au tribunal de 1re instance, 29, Grand'Place. — Malines.

de Burlet (Alexandre), avocat, 17, rue du Prince-Royal.—Bruxelles.

de Burlet (Constantin), ingénieur des ponts et chaussées, rue du Chenil. — Namur.

de Burlet (Jules), avocat, bourgmestre de Nivelles.

de Bussy (L.), directeur des constructions navales. — Lorient (Morbihan — France).

de Cannart d'Hamale (François), sénateur, 2, rue du Poivre. — Malines.

de Caraman-Chimay (Pce Eugène), 10, rue du Parchemin. — Bruxelles; ou Beaumont (Hainaut).

Dechamps (S. E. le cardinal), archevêque de Malines.

De Clippele (Abel), commissaire d'arrondissement, place Impériale. — Alost.

De Cock, docteur en médecine, bourgmestre de Grammont.

de Corswarem (Cher Adrien), avocat. — Hasselt.

de Croy (Pce Emmanuel). — Le Rœulx.

de Croy (Pce Gustave). — Le Rœulx.

de Croy (Pce Juste), 53, rue de la Loi. — Bruxelles; ou Le Rœulx.

De Decker (Eugène), membre de la Chambre des Représentants, 34, rue de Vénus. — Anvers.

de Dorlodot (F.), château de Floreffe (Namur).

de Dorlodot (Sylvain), château de Floreffe (Namur).

de Fierlant (Bon Albert), ingénieur aux ateliers de la Dyle. — Louvain.

de Foville (Abbé), professeur au grand Séminaire. — Issy près Paris.

de Garcia de la Vega (Victor), docteur en droit, rue du Luxembourg. — Bruxelles.

de Gérando (L.), ingénieur de la marine, rue des Bastions. — Cherbourg (Manche — France).

de Godin (B^on^), château d'Arvilles par Namèche (Namur).

de Grand Ry (Albert), rue du Collége. — Verviers.

de Grand Ry (Édouard). — Verviers.

de Grand Ry (Raymond). — Verviers.

de Groutars (Chanoine Jacques), directeur du Séminaire. — Saint-Trond.

de Grunne (Cte François), sous-lieutenant d'artillerie, 67, rue Belliard. — Bruxelles.

De Gryse (Abbé), professeur de philosophie au Séminaire.— Roulers.

de Joigny (Bon G.), 29, rue de l'Industrie. — Bruxelles.

de Harlez (Chanoine), professeur à l'Université, rue des Récollets. — Louvain.

de Haulleville (B^on^), 135, rue de la Loi. — Bruxelles.

De Heen (Pierre), ingénieur, 53, rue des Joyeuses Entrées.— Louvain.

De Hults (Ernest), substitut du procureur du roi. — Mons.

De Jaer (Antoine), procureur du roi, 86, faubourg Saint-Gilles. — Liége.

De Jaer (Camille), avocat, 1, rue du Pepin. — Bruxelles.

De Jaer (Gustave), 36bis, quai Saint-Léonard. — Liége.

De Jaer (Jules), ingénieur des mines, Vieux-Marché aux Bêtes. — Mons.

de Kerckhove (Vic^te^ Eugène), membre de la Chambre des Représentants. — Malines.

de Kirwan (Charles), inspecteur des forêts.— Varzy (Nièvre—France).

de la Boëssière-Thiennes (Mis), 23, rue aux Laines. — Bruxelles; ou château de Lombise par Lens (Hainaut).

de Lafontaine (B^on^), 21, rue du Commerce.— Bruxelles; ou Waremme.

de Lafontaine (Bon Marcel), ingénieur. — Waremme.

de Lapparent (A.), ingénieur des mines, professeur à l'Université catholique, 3, rue de Tilsitt. — Paris.

de la Roche (Alph.), directeur-gérant des mines et usines de Strépy-Bracquegnies (Hainaut).

de la Roche (Ch^er^ Camille), rue de Houdeng. — Mons.

de la Roche (Abbé Ch.), curé de Saint-Lazare. — Tournay.

DE LA ROCHE DE MARCHIENNES (Émile). — Harvengt par Harmignies (Hainaut).

DE LA VALLÉE-POUSSIN (Charles), professeur à l'Université, 190, rue de Namur. — Louvain.

DELEBECQUE-VERGAUWEN, 10, rue aux Draps. — Gand.

DE L'ESCAILLE (Joseph), ingénieur, rue de la Station. — Louvain.

DE LEYN (Abbé A.), directeur de Saint-Sauveur. — Bruges.

DELGEUR (Dr Louis), 72, longue rue Neuve. — Anvers.

DELHOFF (Joseph), ingénieur civil, directeur de l'Institut libre. — Perwez (Brabant).

DELIMOY (Charles), ingénieur. — Bouge par Namur.

DE LIEDEKERKE (Cte Charles), 24, rue de l'Industrie. — Bruxelles.

DE LIEDEKERKE (Cte Émile), 59, avenue de la Toison d'Or. — Bruxelles.

DE LIEDEKERKE (Cte Émile), 23, rue de la Loi. — Bruxelles.

DE LIEDEKERKE DE PAILHE (Cte Édouard), 47, rue des Arts. — Bruxelles.

DE LINANGE (Cte), 25, rue de Loxum. — Bruxelles.

DELLA FAILLE (René), rue des Tanneurs. — Anvers.

DEL MARMOL (Bon Charles), avocat, 92, boulevard de la Sauvenière. — Liége.

DEL MARMOL (Bon Joseph). — Ensival près Verviers.

DEL MARMOL (Bon William). — Ensival près Verviers.

DE LOCHT (Léon), ingénieur, répétiteur à l'Université, Mont-Saint Martin. — Liége.

DE LORGE (Abbé J.), professeur au Séminaire. — Roulers.

DELRIVIÈRE (Abbé), curé d'Hyon-lez-Mons.

DELSAULX, S. J. (R. P.), docteur en sciences physiques et mathématiques, 11, rue des Récollets. — Louvain.

DELVA-ROLIN (Dorsan), 10, place du Casino. — Gand.

DELVIGNE (Chan. Adolphe), curé de Notre-Dame au Sablon, rue Bodenbroeck. — Bruxelles.

DELVIGNE (Abbé Ernest), curé de Malonne (Namur).

DELVIGNE (Joseph), rue des Brasseurs. — Namur.

DEMANET (A.-G.), 57, rue des Minimes. — Bruxelles.

DE MARTEAU (Joseph), 12, place Verte. — Liége.

de Maupeou (Cte Louis), ingénieur de la marine, 52, rue Montebello. — Cherbourg (Manche — France).

De Meester (Augustin), propriétaire. — Saint-Nicolas.

De Meester (Hippolyte), 71, rue du Bruul. — Malines.

De Meester (Joseph), 2, place d'Egmont. — Malines.

de Meeus (Cte Eugène), 26, rue de la Science. — Bruxelles.

de Meeus (Cte Henri), ingénieur. — Héverlé par Louvain.

de Menten de Horne (Cher Albert), 28, rue de l'Orangerie.— Bruxelles.

De Meurs (G.). — Huyssinghen près Hal.

de Mévius (Bon), gouverneur de la province de Namur. — Namur.

de Monge (Francis), professeur à l'Université, rue des Récollets. — Louvain.

de Monge (Léon), professeur à l'Université. — Louvain.

de Montpellier (Jules), conseiller provincial, château d'Annevoye (Namur).

de Moreau d'Andoy (Cher), membre de la Chambre des Représentants. — Andoy par Jambes (Namur).

de Moreau d'Andoy (Mgr), place Saint-Paul. — Liége.

de Namur d'Elzée (Cte), sénateur. — Dhuy par Eghezée (Namur).

de Neunheuser (Capitaine), 248, rue Royale extérieure. — Bruxelles.

de Nédonchel (Cte Louis), 86, rue de la Loi. — Bruxelles.

De Nyn (Abbé Gustave), vicaire de Saint-Rombaut, rue sous la Tour. — Malines.

Denys (Abbé J.-B.), curé de Spy (Namur).

De Presseux, instituteur. — Jupille (Liége).

De Preter (Alph.), pharmacien, 21, rue du Marais. — Bruxelles.

De Preter (Herman), ingénieur, directeur-gérant de la Société belge des gaz réunis, 5, place de Louvain. — Bruxelles.

Deprez (Max), juge au tribunal de 1re instance, 5, rue des Dominicains. — Mons.

De Prins, place du Peuple. — Louvain.

de Radiguez (Mis), 87, rue d'Arlon. — Bruxelles.

de Régnon, S. J. (R. P.), 18, rue Lhomond. — Paris.

De Ridder (Chanoine), 10, quai Saint-Antoine. — Gand.

De Ridder (Paul), 68, chaussée de Haecht. — Bruxelles.

de Robiano (Cte). — Binche.

de Rodes (Mis), 85, rue du Commerce. — Bruxelles.

De Ruelle (Abbé), curé de Notre-Dame de la Chapelle. — Bruxelles.

Descamps (É.), professeur à l'Université. — Louvain.

de Schoutheete de Tervarent (Chev), vice-président du Conseil provincial de la Flandre orientale. — Saint-Nicolas.

d'Esclaibes, S. J. (R. P.), 18, rue Lhomond. — Paris.

de Selliers de Moranville (Cher A.), lieutenant d'artillerie, 68, rue du Méridien. — Bruxelles.

de Smedt (Jules), 4, place de l'Industrie. — Bruxelles.

de Soldenhoff (Richard), ingénieur, rue Werinckx. — Louvain.

Dessain (Charles), libraire-éditeur, rue de la Blanchisserie. — Malines.

Detierre (Abbé), professeur à l'Institut Saint-Louis. — Bruxelles.

De Tilly (J.), capitaine-commandant d'artillerie, professeur à l'École militaire, de l'Académie royale de Belgique, 81, rue Van Aa. — Bruxelles.

de Tranoy (Bon Paul), rue de l'Arbre-bénit. — Ixelles.

de T'Serclaes (Cte), gouverneur de la Flandre orientale. — Gand.

de T'Serclaes (Cte Jacques), lieutenant au 1er rég. d'artillerie, hôtel du Gouvernement. — Gand.

de Vigneron (Alph.), docteur en droit, 10, rue de Paris. — Bruxelles.

de Villegas de Saint-Pierre (Cte), château de Louvignies par Soignies.

de Villegas de Saint-Pierre (Cte Ulric). — Ganshoren par Jette (Brabant).

de Villers-Vergauwen, 12, marché au Lin. — Gand.

Devivier (A.), professeur à l'Université, rue de Namur. — Louvain.

Devolder (Joseph), avocat, 98, rue de la Loi. — Bruxelles.

de Vorges (E. Domet), ministre de France en Haïti. — Port-au-Prince.

Dewalque (Félix), ingénieur. — Chênée (Liége).

Dewalque (François), professeur à l'Université, 26, rue des Joyeuses Entrées. — Louvain.

de Wargny, rue du Bruul. — Malines.

De Wilde (Jules), ingénieur, directeur de la Société anonyme « l'Éclair. » — Louvain.

de Wouters d'Oplinter (Chcr),29, boulevard de Waterloo. — Bruxelles; ou Vertryck (Brabant).

de Wouters (Chcr Camille), château d'Écaussinnes-Lalaing (Hainaut).

de Wouters (Chcr Lambert). — Rotselaer par Wespelaer (Brabant).

d'Hemricourt de Grunne (Cte), 10, rue Montoyer. — Bruxelles; ou château d'Hamal par Tongres.

Docq (Abbé), curé de Ham-sur-Sambre par Moustier (Namur).

Dohet (Ferdinand), avocat, rue du Chenil. — Namur.

Donckier de Donceel (Maurice). — Hodimont près Verviers.

Dor (N.), ingénieur. — Ampsin par Amay (Liége).

Dosfel, docteur en médecine, 31, rue des Chevaliers. — Termonde.

Drossart (Victor), 299, chaussée de Wavre. — Bruxelles.

Dubois (Augustin), banquier, 6, rue Saint-Jacques. — Liége.

Dufour (Henri), 172, chaussée de Haecht. — Bruxelles.

Dugniolle (Max), professeur à l'Université, 57, Coupure. — Gand.

du Maisnil (Cte), château de Wattignies près Seclin (Nord — France).

Dumont (André), ingénieur, 27, rue Van Brée. — Anvers.

Dumont (Émile), 24, place de Meir. — Anvers.

Du Mortier (Barthélemy), ministre d'État, membre de l'Académie royale de Belgique, Grand'Place. — Tournay.

Durand (Abbé E.-J.), professeur à l'Université catholique, 56, boulevard Saint-Germain. — Paris.

d'Ursel (Duc), sénateur, 28, rue marché aux Bois. — Bruxelles.

d'Ursel (Cte Ludovic), 22, rue du Luxembourg. — Bruxelles.

Dury (Charles), avocat, rue Neuve. — Namur.

du Val de Beaulieu (Cte Edgar), 53, boulevard de Waterloo. — Bruxelles.

École libre Sainte-Geneviève, rue Lhomond. — Paris.

École libre de l'Immaculée-Conception. — Vaugirard, Paris.

Édel, S. J. (R. P.) — au Tché-li (Chine).

Errembault du Maisnil (Joseph), rue Perdue. — Tournay; ou château de Brasmenil près Péruwelz.

ÉVERARTS (Joseph), docteur en droit, château de Bierbais sous Hévillers, par Mont-Saint-Guibert (Brabant).

FABRY (Henri), ingénieur, 61, chaussée d'Ixelles. — Bruxelles.

FALLON (B^on^), château de La Plante près Namur.

FAMENNE (Abbé), curé de Saint-Servais près Namur.

FAUCON (A.), docteur en médecine. — Le Rœulx.

FÉLICIEN (Monsieur), supérieur-général des Joséphites. — Grammont.

FÉRON-DE DECKER (Ch.), avocat, 28, rue des Petits-Carmes. — Bruxelles.

FETTWEIS (Abbé), 19, rue Limbourg. — Verviers.

FEYENS (Abbé), professeur à l'Institut Saint-Louis. — Bruxelles.

FOERSTER (D^r^), professeur d'histoire naturelle. — Aix-la-Chapelle.

FOULON (Abbé Ch.), professeur au Collége Saint-Louis. — Bruges.

FRANCOTTE (Xavier), 15, quai de l'Industrie. — Liége.

GAILLET (Léonard), docteur en médecine, 45, avenue Louise. — Bruxelles.

GAROT (Abbé), curé de Hody par Esneux (Liége).

GARREAU, docteur en médecine, chirurgien en chef de l'hôpital de Laval (Mayenne — France).

GAUTIER (Chanoine), 79, rue Notre-Dame. — Malines.

GEELHAND (Émile), longue rue de l'Hôpital. — Anvers.

GHYSENS (Émile), docteur en sciences physiques et mathématiques, 15, rue de Joncker. — Bruxelles.

GILBERT (Alfred), docteur en médecine. — Givet (Ardennes — France).

GILBERT (Ph.), professeur à l'Université, de l'Académie pontificale des Nuovi Lincei, 20, rue Notre-Dame. — Louvain.

GILLIOT (Charles), rue de Vénus. — Anvers.

GILLIS (Frank), 52, boulevard Botanique. — Bruxelles.

GODINNE (Joseph), avocat, 210^C^, rue Royale extérieure. — Bruxelles.

GOETHALS-MALFAIT (Cte), 8, rue des Foulons. — Gand.

GOETHALS (Ernest), rue Neuve-Saint-Pierre. — Gand.

GOETHALS (Jules), docteur en droit, 95, rue d'Arlon. — Bruxelles.

GOFFIN (Abbé), curé de Saint-Nicolas en Bertaimont. — Mons.

Gossart (G.), instituteur. — Belœil (Hainaut).

Haal (Abbé Bernard), curé doyen de Saint-Michel. — Luxembourg (Grand-Duché).

Haan, docteur en médecine, professeur à l'Université, 153, rue de Tirlemont. — Louvain.

Hairion, docteur en médecine, professeur à l'Université, vice-président de l'Académie royale de médecine, 9, boulevard de Tirlemont. — Louvain.

Halleux (Émile), rue du Vieux-Bourg. — Bruges.

Hamard (Abbé), prêtre de l'Oratoire de Rennes (Ille-et-Vilaine — France).

Hamoir, docteur en médecine, rue Saint-Aubin. — Namur.

Hanquet (Ferdinand), 16, rue du Laveu. — Liége.

Haté, S. J. (R. P.), maison de Saint-Acheul près Amiens (Somme — France).

Hayoit, docteur en médecine, professeur à l'Université, 66, rue de Namur. — Louvain.

Heis (Dr E.), professeur de mathématiques et d'astronomie à l'Académie. — Munster (Westphalie).

Henry (Abbé), vicaire de Saint-Nicolas. — Namur.

Henry (Hector), 13, rue de la Station. — Louvain.

Henry (Louis), professeur à l'Université, de l'Académie royale de Belgique, 2, rue du Manége. — Louvain.

Henry (Chanoine Louis), docteur en droit canon, professeur au grand Séminaire. — Namur.

Hermite (Charles), membre de l'Institut, 2, rue de Sorbonne. — Paris.

Hermite (H.), 8, rue des Écoles. — Paris.

Herreboudt (Joseph), avocat. — Saint-André, lez Bruges.

Hervier (Abbé Joseph), 31, grande rue de la Bourse. — Saint-Étienne (Loire — France).

Heude, S. J. (R. P.) — Zi-ka-wey (Chine).

Hiernaux (Léon), directeur de l'usine à gaz. — Vilvorde.

Hislaire (Abbé J.-N.), curé de Saint-Remacle. — Liége.

Houtart (Jules). — Monceau-sur-Sambre (Hainaut).

Huart (Louis), avocat, 23, rue du Président. — Namur.

Huberland (Abbé), professeur au grand Séminaire. — Tournay.

Hubert (Eugène), docteur en médecine, professeur à l'Université, 13, rue Léopold. — Louvain.

Hubert (Léon), ingénieur, directeur de la sucrerie et raffinerie de Marche-lez-Écaussinnes (Hainaut).

Ide (Justin), docteur en médecine, 25, longue rue de Tournay. — Anvers.

Imperiali (Mis) des p^ces de Francavilla, 10, rue Montoyer. — Bruxelles; ou château d'Hamal par Tongres.

Institut Saint-Ignace. — Anvers.

Isaac (Ferdinand), ingénieur. — Quaregnon (Hainaut).

Jacmart, colonel-commandant le 3e régiment d'artillerie, 59, rue du Marteau. — Bruxelles.

Jacobs (Victor), avocat, membre de la Chambre des Représentants, 49, chaussée de Charleroi. — Bruxelles.

Jacobs (Victor), avocat, rue Hochstetters. — Anvers.

Jacquet-Baulny (Honoré), 15, rue du Trône. — Bruxelles.

Janssens de Bisthoven, 64, rue d'Ypres. — Gand.

Janssens-Smits (Louis), propriétaire. — Saint-Nicolas.

Jeanmart (Arthur), avocat, 19, rue des Fossés. — Namur.

Jevenois (Félix). — Belœil (Hainaut).

Jomand, S. J. (R. P.), 18, rue Lhomond. — Paris.

Joubert, S. J. (R. P.), de l'Académie pontificale des Nuovi Lincei, 18, rue Lhomond. — Paris.

Jourdain (Louis), ingénieur, rue de Ligne. — Bruxelles.

Kempeneer (J.-B.), avocat-avoué. — Malines.

Kloth (Joseph), 68, rue Hors Château. — Liége.

Klütgen (J.-H.). — Rotterdam.

Knops (Abbé), professeur au Séminaire. — Saint-Trond.

Koch (Julien), 77, boulevard Léopold. — Anvers.

Krafft (Victor), ingénieur des ponts et chaussées, 111, boulevard de la Reine. — Versailles (Seine-et-Oise — France).

Kums (Antoine), docteur en médecine, 36, rue de Vénus. — Anvers.

Kurth (Godefroid), professeur à l'Université, 62, rue Lairesse.— Liége.

Labye (Clément), ingénieur principal des ponts et chaussées, 37, Mont-Saint-Martin. — Liége.

Lacompte (Camille), docteur en médecine. — Tamise.

Lafont, S. J. (R. P.), directeur de l'Observatoire héliospectroscopique, 10, Parkstreet. — Calcutta.

La Force (Chanoine), directeur du Collége Saint-Rombaut. — Malines.

Lagasse (Alexandre), professeur de physique à l'École normale de l'État. — Nivelles.

Lagasse (Charles), ingénieur des ponts et chaussées, 4, rue Saint-Maurice. — Nivelles.

Lahousse (Abbé), professeur au grand Séminaire. — Bruges.

Lairein (Abbé), curé d'Estinnes-au-Mont par Binche.

Lallemand (Anatole), ingénieur, directeur-gérant de la Vignette. — Louvain.

Lamarche (Émile), 81, rue Louvrex. — Liége.

Lambert (Charles), ingénieur, 73, rue des Deux-Églises.— Bruxelles.

Lambert (Guillaume), professeur à l'Université de Louvain, 50, boulevard de l'Observatoire. — Bruxelles.

Lamy (Chanoine), président du collége Marie-Thérèse. — Louvain.

Larondelle, docteur en médecine, de l'Académie royale de médecine, rue du Brou. — Verviers.

Latteur (Auguste), propriétaire. — Mons.

Latteur (Émile), droguiste, rue de la Biche. — Mons.

Lauwers aîné (Auguste), avocat. — Bruges.

Lauwers (Mgr.), vicaire-général. — Malines.

Lavaux (Eugène), propriétaire. — Saint-Léger près Arlon.

Lebon, docteur en médecine, place Saint-Paul. — Nivelles.

Lechien (Gustave), avocat, 85, rue Saint-Martin. — Tournay.

Lecomte (Abbé A.), docteur en sciences, directeur de l'École normale de l'État. — Mons.

Ledresseur (Charles), docteur en médecine, professeur à l'Université, 75, voer des Capucins. — Louvain.

Lefebvre, docteur en médecine, professeur à l'Université, membre de l'Académie royale de médecine, 36, rue de Bériot. — Louvain.

Lefebvre (Abbé Ferdinand), professeur à l'Institut Saint-Louis. — Bruxelles.

Lefebvre (Paul), avocat, 9, rue Zinner. — Bruxelles.

Legrand-Benoit, 51, rue de Bruxelles. — Namur.

Le Grelle (Charles), ingénieur, 11, rue de la Constitution. — Bruxelles.

Le Grelle (Cte Ferdinand), 21, rue Van Brée. — Anvers.

Leirens-Éliaert, sénateur, rue du Pont. — Alost.

Lejeune-Simonis, château de Sohan par Pepinster (Liége).

Lejeune (Léon), avocat, 95, rue de la Poste. — Bruxelles.

Lejeune (Abbé Victor), professeur au Séminaire. — Saint-Trond.

Lejeune (Vincent), 48, marché aux Chevaux. — Anvers.

Lennon, professeur de physique, Maynooth College (Irlande).

Le Paige (C.), docteur en sciences physiques et mathématiques, 25 rue Coronmeuse. — Herstal (Liége).

Leschevin (Alexandre), avocat, rue Saint-Martin. — Tournay.

Leschevin (Édouard), avocat, 48, rue Saint-Martin. — Tournay.

Lesuisse, juge au tribunal de 1re instance. — Dinant.

Le Tellier (Maurice), docteur en droit, rue du Trône — Bruxelles.

Libbrecht, poudrerie royale. — Wetteren (Flandre orientale).

Liebaert (Julien), docteur en droit, place du Palais de Justice. — Courtrai.

Liénart-Leirens, rue de la Chapelle. — Alost.

Limpens (Émile), avocat, place Impériale. — Alost.

Louwers (Joseph), docteur en médecine, rue de l'Harmonie. — Verviers.

Maas, S. J. (R. P.), professeur de physique au collége de Mariendaal, près Grave (Brabant septentrional — Pays-Bas).

Mabille (Léon), professeur à l'Université. — Louvain.

Maertens (Chanoine), professeur au petit Séminaire. — Saint-Nicolas.

Maes (Chanoine), directeur de l'Institut Saint-Julien. — Bruges.

MALCORPS, docteur en médecine, de l'Académie royale de médecine, rue des Vaches. — Louvain.

MANICE (Abbé), curé-doyen de Wierde par Namur.

MANSION (Paul), professeur à l'Université, 11, rue Savaen. — Gand.

MARCHAND (Jules), professeur à l'École normale de l'État. — Mons.

MARÉSAL (Célestin), avocat, 23, rue des Augustins. — Liége.

MARIONEX (Abbé), curé de Saint-Nicolas. — Namur.

MARLIN (Paul), ingénieur civil, 55, rue de Birmingham. — Bruxelles.

MARTENS (Édouard), professeur à l'Université, 27, rue Marie-Thérèse. — Louvain.

MASOIN (E.), professeur à l'Université, de l'Académie royale de médecine, 19, place Sainte-Anne. — Louvain.

MASSALSKI (U.), répétiteur à l'Université. — Louvain.

MATAGNE (Jules), docteur en médecine, 177, rue de Terre-Neuve. — Bruxelles.

MAYER (Henri), avocat, 31, rue Saint-Jacques. — Tournay.

MEEUS (Albert), rue Rouge. — Anvers.

MEEUS (Eugène), membre de la Chambre des Représentants, 42, rue Houblonnière. — Anvers.

MEEUS (Jean), industriel, 30, rempart des Tailleurs de pierre. — Anvers.

MEEUS-HONNOREZ (L.), distillateur. — Wyneghem par Anvers.

MEEUS-VAN REETH (L.), 11, longue rue de l'Hôpital. — Anvers.

MEEUS (Théophile), 32, longue rue de la Boutique. — Anvers.

MÉHU (Adolphe), pharmacien de 1re classe. — Villefranche (Rhône — France).

MÉLOT (Félix), propriétaire. — Flavion par Anthée (Namur).

MÉMOIRE (Frère), directeur du Pensionnat Saint-Berthuin. — Malonne, par Floreffe (Namur).

MÉNÉTRIER (Ambroise), professeur à l'École des mines du Hainaut, rue des Sars. — Mons.

MÉNÉTRIER (Charles), avocat, rue des Sars. — Mons.

MÉNÉTRIER (Aug.), ingénieur au charbonnage des Français. — Anderlues, par Fontaine-l'Évêque.

Ménétrier (Louis), capitaine d'artillerie en retraite. — Merbes-le-Château (Hainaut).

Mercier (Abbé Adolphe), directeur de l'École normale de Bonne-Espérance par Binche.

Méric (Abbé Élie), professeur en Sorbonne, 75, rue Madame. — Paris.

Mertens (Guil.), industriel. — Over-Boulaere près Grammont.

Mertens (Guil.), ingénieur, sous-directeur de l'usine à gaz. — Roubaix (Nord — France).

Mertens (Athanase), marché aux Chevaux. — Anvers.

Merveille (Léopold), 8, rue Saint-Jacques. — Liége.

Meyers (Chanoine), curé de Saint-Jean, 40, cloître Saint-Jean. — Liége.

Micha, professeur à l'Université, 8, place du Peuple. — Louvain.

Michel (François), ingénieur. — Mederich par Essen (Prusse rhénane).

Michez (Chanoine Fr.), curé-doyen de Sainte-Waudru. — Mons.

Michiels (Abbé), curé de Saint-Roch. — Bruxelles.

Michiels (Chanoine), professeur au Collége Saint-Rombaut. — Malines.

Miest (Émile), ingénieur aux usines de Bleyberg-Montzen (Liége).

Mils (Ferdinand), ingénieur. — Givet (Ardennes — France).

Minne (Chanoine E.), principal du Collége Saint-Louis. — Bruges.

Misonne (Lucien), ingénieur aux charbonnages du Gouffre. — Châtelineau (Hainaut).

Mivart (Saint-George), professeur à l'Université catholique, membre de la Société Royale, 105, Great Russell Street. — Londres.

Moeller, docteur en médecine, 18, rue de Mons. — Nivelles.

Moigno (Abbé Fr.), 2, rue de Strasbourg. — Saint-Denis (Seine — France).

Molloy (Dr), 86, Stephen's Green. — Dublin.

Mommaerts (Abbé), aumônier de l'École militaire, 9, rue du Marteau. — Bruxelles.

Moncheur, membre de la Chambre des Représentants, 54, boulevard de Waterloo. — Bruxelles; ou Namèche (Namur).

Monsarrat (G.), 23, rue Boissy d'Anglas. — Paris.

Moretus (René), château de Bioul par Annevoie (Namur).

Mortiaux (Abbé), vicaire à Monceau-sur-Sambre (Hainaut).

Motte (Léon), ingénieur civil. — Frameries (Hainaut).

Mouton (Émile), professeur au Collége de la Sainte-Trinité. — Louvain.

Mullenders (Joseph), ingénieur, 21, rue Duvivier. — Liége.

Nagels (Jules), conseiller provincial, bourgmestre de Hasselt.

Namèche (Mgr), recteur magnifique de l'Université, 27, rue des Récollets. — Louvain.

Navet, professeur au Collége Saint-Quirin. — Huy.

Neeffs, docteur en médecine, rue Notre-Dame. — Malines.

Neeffs (Emmanuel), docteur en sciences politiques et administratives, 6, rue du Poivre. — Malines.

Neusy (Abbé), professeur au Séminaire de Bonne-Espérance par Binche.

Nève (Félix), professeur à l'Université, membre de l'Académie royale de Belgique, 52, rue des Orphelins. — Louvain.

Nève (Paul), ingénieur. — Melle-Quatrecht (Flandre orientale).

Newton (Général John), 279, Adelphi Street. — Brooklyn, New-York.

Nieuwland (Louis), longue rue de l'Hôpital. — Anvers.

Noël (Léon), docteur en médecine, professeur à l'Université, place du Peuple. — Louvain.

Obet, docteur en médecine, de la marine, chez M. Decroix, pharmacien, 17, rue Royale. — Le Havre (Seine-Inférieure — France).

Ommeganck (Clément), 25, rue aux Laines. — Anvers.

Osy de Wichem (Bon), longue rue de l'Hôpital. — Anvers.

Parant (Abbé H.), curé des Waleffes par Warnant-Dreye (Liége).

Pardon (Gustave), ingénieur de la Société de Couillet par Charleroi.

Parein (Édouard), 34, longue rue d'Argile. — Anvers.

Patroni (Abbé Giuseppe), docteur en théologie. — Rome.

Peretti (Abbé), aumônier des prisons. — Calvi (Corse — France).

Perry, S. J. (R. P.), directeur de l'Observatoire de Stonyhurst, de la Société royale de Londres. — Stonyhurst near Blackburn (Angleterre).

Peyrot (Gérard), 33, rue Vieille Bourse. — Anvers.

Philippart (Am.), docteur en médecine, quai Saint-Brice. — Tournay.

Philippart (Jules), avocat, chaussée de Douai. — Tournay.

Picard (Abbé), curé de Notre-Dame. — Namur.

Picquet (Jules), 7, rue de Lausanne. — Bruxelles.

Pirard (Abbé), inspecteur diocésain des Écoles primaires, 6, boulevard Léopold. — Namur.

Pirenne (Émile), 69, rue des Raines. — Verviers.

Piret (Camille), ingénieur à Monceau-Fontaine. — Monceau-sur-Sambre (Hainaut).

Piscé (Chanoine), rue des Bateaux. — Malines.

Ponceau (Mgr), vicaire-général, rue des Filles-Dieu. — Tournay.

Post (Abbé Nicolas), secrétaire de l'Évêché. — Luxembourg (Grand-Duché).

Poumay (Abbé), vicaire à Antheit par Huy.

Proost (Alphonse), docteur en sciences naturelles, 76, rue des Roses. — Laeken.

Proost (Joseph), grand Séminaire. — Malines.

Provincial (R. P.) de la Compagnie de Jésus, 131, rue royale extérieure. — Bruxelles.

Puiseux (Victor), membre de l'Institut, 81, boulevard Saint-Michel. — Paris.

Quinet (Aimé), rue d'Havré. — Mons.

Quinet (Benoît), rue des Lombards. — Mons.

Quirini (Abbé), professeur à l'Institut Saint-Louis. — Bruxelles.

Quoidbach (Abbé), curé d'Ampsin par Amay (Liége).

Raemakers, 75, rue des Deux-Églises. — Bruxelles.

Raikem (Florent), avocat, Mont-Saint-Martin. — Liége.

Rathouis, S. J. (R. P.), 18, rue Lhomond. — Paris.

Ravain (Abbé J.-R.), professeur de physique à l'Institution libre de Combrée. (Maine et Loire — France).

Reghini (Can. Leonardo), rettore della Casa di Provvidenza. — Pontremoli (prov. di Massa-Carrara. — Italie).

Renard, S. J. (R. P.), 11, rue des Récollets. — Louvain.

Renard (Abbé Michel), aumônier de l'École vétérinaire, 3, rue Bodenbroeck. — Bruxelles.

Reymen (Abbé), professeur à l'École moyenne catholique.—Waremme.

Reynaert, docteur en médecine, rue du Progrès. — Saint-Nicolas.

Richard (Abbé P.), vicaire-général, hydrogéologue, Séminaire de Montlieu (Charente-Inférieure — France).

Roderburg (Fritz), docteur en sciences chimiques, 10, rue des Poissonniers. — Louvain.

Roemaet (Charles). — Grammont.

Roguier (Abbé), curé-doyen de Saint-Eusèbe. — Auxerre (Yonne — France).

Rolin (Georges), agent de change, 48, rue d'Édimbourg.—Bruxelles.

Rolin (Jules), avocat, 35, rue d'Édimbourg. — Bruxelles.

Rommel (Abbé), professeur au Collége Saint-Louis. — Bruges.

Sacré (Mgr), curé-doyen de Notre-Dame, 1, rue Saint-Pierre. — Anvers.

Saey (Henri), propriétaire. — Haeltert près Alost.

Saey (Joseph), 18, avenue de la porte de Hal. — Bruxelles.

Saey (Abbé Pr.), directeur de l'Institut Saint-Joseph. — Saint-Nicolas.

Sarens (Henri), rentier, 74, boulevard de la Sauvenière. — Liége.

Schaepman, docteur en théologie, Séminaire de Driebergen près Utrecht (Pays-Bas).

Schelstraete (Alfred), avocat. — Courtrai.

Scheyven (Abbé), professeur à l'Institut Saint-Louis. — Bruxelles.

Schmidt (Henri), intendant de la maison de Croy. — Le Rœulx.

Schmitz (Bonif.), docteur en médecine, 42, rue de la Paix.—Bruxelles.

Schmitz (H.), 58, rue Saint-Joseph. — Anvers.

Schobbens, docteur en médecine, 49, longue rue Neuve. — Anvers.

Schoemaker (W.-J.), professeur à l'École moyenne. — Nimègue (Pays-Bas).

Schul (Maurice), 255, boulevard du Commerce. — Anvers.

Secchi, S. J. (R. P.), directeur de l'Observatoire du Collége Romain, de l'Académie pontificale des Nuovi Lincei. — Rome.

Serret (Paul), professeur à l'Université catholique, 240, rue de Vaugirard. — Paris.

Sigerson (George), docteur en médecine, professeur de biologie à l'Université catholique, membre de l'Académie royale d'Irlande, Stephen's Green. — Dublin.

Simonis (Alfred), membre de la Chambre des Représentants. — Verviers.

Simonis (Iwan), industriel. — Verviers.

Simonis (Louis), industriel. — Verviers.

Smekens (Théophile), président du tribunal de 1re instance, 31, avenue Quentin Metsys. — Anvers.

Snoy (Bon Maurice), 55, rue des Petits-Carmes. — Bruxelles.

Snyers, docteur en médecine, 10, rue de l'Évêché. — Liége.

Sohier (Alexandre), maître de forges. — Monceau-sur-Sambre (Hainaut).

Solvyns (Albert), 7, avenue de la Place d'Armes. — Gand.

Soudan (Charles), membre de la Députation permanente de la Flandre occidentale. — Courtrai.

Spinnox (Henri), rue Kipdorp. — Anvers.

Spruyt (Antoine), 55, marché aux Chevaux. — Anvers.

Spruyt (Gustave), 7, rue de Vénus. — Anvers.

Spruyt (Jules), 55, marché aux Chevaux. — Anvers.

Stappaerts (Eugène), juge au tribunal de 1re instance, 6, rue de Naples. — Bruxelles.

Stillemans (Chanoine A.), docteur en philosophie et lettres, supérieur du Séminaire. — Saint-Nicolas.

Stillemans (Abbé Louis), professeur à l'Institut Saint-Joseph. — Saint-Nicolas.

Stinglhamber (Émile), docteur en droit, 17, rue des Minimes. — Bruxelles.

Stinglhamber (Gustave), juge au tribunal de 1re instance, 33a, rue des Minimes. — Bruxelles.

Storms (Abbé Camille), curé de Ganshoren par Jette (Brabant).

Stroom (Abbé), directeur du grand Séminaire. — Bruges.

Struelens (Alfred), professeur au Collége de la Sainte-Trinité. — Louvain.

Struyf (Abbé L.), 17, place du Vieux-Marché. — Louvain.

Swolfs (Abbé), professeur au petit Séminaire. — Malines.

Terwangne (Victor), banquier, 13, place Verte. — Liége.

Theunis (Auguste), répétiteur à l'Université, 83, rue de Tirlemont. — Louvain.

Theunissens (L.), 14, courte rue de l'Hôpital. — Anvers.

Thibaut (A.). — Monceau-sur-Sambre (Hainaut).

Thibaut (L.), ingénieur. — Monceau-sur-Sambre (Hainaut).

Thibaut (Victor), ingénieur. — Taviet sous Achêne par Ciney.

Thibaut (Xavier), 23, rue du Collége. — Namur.

Thibaut (Eugène), avocat. — Dinant.

Thiébauld (Charles), avocat, 58, rue Saint-François. — Bruxelles.

Thiébaut (Fernand), ingénieur. — Monceau-sur-Sambre (Hainaut).

Thiernesse (Abbé), directeur du pensionnat du Collége communal. — Nivelles.

Timmermans (François), ingénieur de la Société de Couillet par Charleroi.

Tras, S. J. (R. P.), professeur de physique au Collége de la Paix. — Namur.

t'Serstevens (Léon), 52, boulevard de l'Observatoire. — Bruxelles.

Van Achter (Abbé), curé de la Docherie, Marchienne-au-Pont (Hainaut).

van Berchem (Eugène). — Willebroeck (Anvers).

Van Biervliet (Louis), docteur en médecine, 19, place de la Monnaie. — Anvers.

Van Damme (Léon), juge de paix. — Wetteren (Flandre orientale).

van Delft d'Eyssel (Bon), sénateur, place de Meir. — Anvers.

Vanden Abeele (F.), docteur en médecine, de l'Académie royale de médecine, rue de l'Académie. — Bruges.

Vanden Berg (Charles), notaire, place Saint-Paul. — Liége.

Vanden Born (Abbé Henri), professeur à l'École normale. — Saint-Trond.

Vanden Bossche (Paul), 11, rue des Juifs. — Anvers.

vanden Branden de Reeth (Mgr), président du Collége Belge, via del Quirinale. — Rome.

VANDEN BROECK (Edgar), château de Jolimont, Haine-Saint-Pierre (Hainaut).

VANDEN PEEREBOOM (E.), ingénieur au charbonnage de Bonne-Espérance. — Herstal (Liége).

VANDEN PEEREBOOM (Jules), avocat. — Courtrai.

vanden STEEN DE JEHAY (Cte Hermann), lieutenant au 3e régiment d'artillerie, 132, rue de Tirlemont. — Louvain.

VAN DE PUTTE (Chanoine), curé-doyen de Saint-Martin. — Courtrai.

vander BRUGGEN (Bon Maurice), rue du Gouvernement. — Gand.

VANDERESSE (Chanoine), rue de l'Arsenal. — Namur.

VANDER HAEGHEN (William), avocat, 44, rue Berckmans. — Bruxelles.

VANDER LAAT (E.), ingénieur, 17, canal des Récollets. — Anvers.

VANDER LINDEN (Camille), 30, rue de la Vierge Noire. — Bruxelles.

VANDER LINDEN (Charles), chaussée de Malines. — Anvers.

VANDER SMISSEN (Gustave), place Impériale. — Alost.

vander STRATEN-PONTHOZ (Cte François), 13, rue de la Loi. — Bruxelles.

VANDER VOORDT (Jules), ingénieur à la sucrerie et raffinerie de Marche-lez-Écaussinnes (Hainaut).

VAN DE VELDE (Victor), négociant. — Renaix.

VAN DE WOESTYNE (Abbé), professeur au grand Séminaire. — Bruges.

VAN DROMME, docteur en médecine, rue des Chartreuses. — Bruges.

VAN GEETRUYEN (Edmond), 123, Botersloot. — Rotterdam (Pays-Bas).

VAN GOIDSNOVEN, docteur en médecine, 35, rue de la Casquette. — Liége.

VAN GULICK, S. J. (R. P.), 2237, rue de Tongres. — Maastricht (Pays-Bas).

van HAVRE (Bon Jules), 72, longue rue Neuve. — Anvers.

VAN HEESWYCK (Abbé), aumônier de l'École normale de l'État. — Liége.

VAN KEMPEN, docteur en médecine, professeur à l'Université, membre de l'Académie royale de médecine, 182, rue de Bruxelles. — Louvain.

VAN MEERBEEK (Ernest), rue de l'Amman. — Anvers.

VAN MELE (Raymond), propriétaire. — Lokeren.

VAN PUT (Jos), 50, longue rue Neuve. — Anvers.

Van Wambeke, membre de la Chambre des Représentants, bourgmestre d'Alost.

Van Weddingen (Abbé), professeur au Collége Saint-Rombaut. — Malines.

Van Zegvelt, rue du Serment. — Malines.

Van Zuylen-Orban (Gust.), industriel, 8, quai de l'Industrie. — Liége.

Vercruysse (Victor), 61, rue de France. — Courtrai.

Vergauwen (Frans), sénateur, 52, rue Savaen. — Gand.

Vergauwen (Jean), 1, rue d'Argent. — Gand.

Verhoustraeten (R.), ingénieur, 14, rue Collard-Trouillet. — Seraing.

Vermeire-Magis (P.), industriel. — Saint-Nicolas.

Vermoelen-Mertens, 101, marché aux Chevaux. — Anvers.

Verriest (G.), docteur en médecine, professeur à l'Université. — Louvain.

Vierendeel (Arthur), ingénieur, 59, Grande-rue.—La Louvière (Hainaut).

Vigneron (Camille), ingénieur. —Morlanwelz par Mariemont (Hainaut).

Voordecker (Michel), 26, rue du Moulin. — Bruxelles.

Walravens (Abbé Adelson), professeur au Séminaire de Bonne-Espérance par Binche.

Ward (John), ingénieur civil, 75, boulevard de Waterloo. — Bruxelles.

Wasseige (Armand) fils, banquier, 2bis, rue Godefroid. — Namur.

Wasseige (François), rue Grandgagnage. — Namur.

Wéry (Vincent), président du tribunal de 1re instance, 4, rue des Telliers. — Mons.

Whetnall (B^on^), banquier, 15, place Saint-Jacques. — Liége.

Widmer (A.), 70, rue du Méridien. — Bruxelles.

Wies (Chanoine Nicolas), professeur à l'Athénée. — Luxembourg (Grand-Duché).

Willième (Ferdinand), docteur en médecine, de l'Académie royale de médecine, rue derrière la Halle. — Mons.

Witz (Aimé), ingénieur, 22, rue des Tours. — Lille (Nord — France).

Ysebrant de Lendonck (Albéric), place Liévin Bauwens. — Gand.

———

Liste des membres décédés pendant la première année.

De Baets, membre de la Chambre des Représentants . Gand.

Jules de Grand Ry . . . . Verviers.

Le R. P. de Valroger, de l'Oratoire de . . . . Paris.

Charles Sainte-Claire Deville, membre de l'Institut . . Paris.

Diorio, secrétaire de l'Académie pontificale des Nuovi Lincei . . . . Rome.

Auguste Dumont de Chassart . . . . Mellet.

Louis Du Mortier . . . . Tournay.

Le Docteur Hubert, professeur à l'Université catholique de . . . . Louvain.

Ferdinand Keutter . . . . Bruxelles.

F. Krans, professeur à l'Université catholique de. . . Louvain.

Joseph Laroux, ingénieur . . . . Bruxelles.

Adolphe Simonis. . . . . Verviers.

Listes des membres inscrits dans les sections.

1re Section.

Mathématiques, Astronomie, Géodésie. — Mécanique. — Génie civil et militaire.

MM. Docteur F. Anchütz.
Théodore Belpaire.
Gustave Bernaerts.
Pce Boncompagni.
N. Breithof.
R. P. Carbonnelle, S. J.
MM. Joseph Carnoy.
Abbé Coppieters.
Émile Cousin.
L. Cousin.
Louis Criquillion.
Antoine d'Abbadie.

MM. Louis De Beys.
Constantin de Burlet.
L. de Bussy.
L. de Gerando.
Cte François de Grunne.
J. Delhoff.
Cte Charles de Liedekerke.
Léon de Locht.
R. P. Delsaulx, S. J.
Cte L. de Maupeou.
R. P. d'Esclaibes, S. J.
Ch^er^ A. de Selliers de Moranville.
J. De Tilly.
Cte Jacques de T'Serclaes.
Henri Fabry.
Abbé Garot.
Émile Ghysens.
Ph. Gilbert.
Docteur E. Heis.
Charles Hermite.
Jacmart.
R. P. Joubert, S. J.
Victor Krafft.
Clément Labye.

MM. R. P. Lafont, S. J.
Charles Lagasse.
Charles Lambert.
C. Le Paige.
Paul Mansion.
Jules Marchand.
Ambroise Menetrier.
Micha.
Abbé Fr. Moigno.
Léon Motte.
Paul Nève.
Général John Newton.
R. P. Perry, S. J.
Jules Picquet.
Victor Puiseux.
Abbé Quoidbach.
Paul Serret.
R. P. Secchi, S. J.
Fernand Thiébaut.
François Timmermans.
E. Vanden Peereboom.
Arthur Vierendeel.
Camille Vigneron.
John Ward.
Aimé Witz.

2me Section.

Physique. — Chimie. — Métallurgie. — Météorologie et Physique du Globe.

MM. Charles Blas.
Alfred Blondel.
Auguste Bonnevie.
Alfred Brêmen.
Bruylands.
Henri Capelle.
Émile Dallemagne.

MM. Jules Dallemagne.
Cte Charles d'Aspremont-Lynden.
Camille Dautricourt.
Émile Debouche.
Pierre De Heen.
Bon Marcel de Lafontaine.

MM. Abbé J. Delorge.
Herman De Preter.
R. P. de Régnon, S. J.
A. Devivier.
François Dewalque.
Jules De Wilde.
N. Dor.
André Dumont.
R. P. Haté, S. J.
Hector Henry.
Louis Henry.
R. P. Jomand, S. J.
Anatole Lallemand.
Guillaume Lambert.
Abbé Victor Lejeune.
Lennon.
Libbrecht.
R. P. Maas, S. J.
Paul Marlin.

MM. U. Massalski.
Guillaume Mertens (Roubaix).
Chanoine Michiels.
Émile Miest.
Ferdinand Mils.
Lucien Misonne
Émile Mouton.
Joseph Mullenders.
Abbé Pirard.
Abbé Quirini.
Abbé Reymen.
Alexandre Sohier.
Auguste Theunis.
R. P. Tras, S. J.
Eugène van Berchem
Jules Vander Voordt.
Bon Jules van Havre.
R. Verhoustraeten.

3me Section.

Géologie, Minéralogie. — Botanique. — Zoologie. — Paléontologie. — Anthropologie, Ethnographie, Science du langage. — Géographie.

MM. Chanoine Abbeloos.
Albert Andermatt.
Joachim Barrande.
Émile Bayle.
R. P. Bellynck, S. J.
J.-Joseph Bianconi.
Abbé Boulay.
Abbé P. Busschaert.
R. P. Bussotti, S. J.
Abbé R. Carette.
Chanoine Colson.
Paul Daron.

MM. Cte Alb. d'Auxy de Launois.
Bon de Bounam de Ryckholt.
Abbé De Brouwer.
Bon Albert de Fierlant.
Abbé de Foville.
Abbé De Gryse.
Chanoine de Harlez.
Charles de Kirwan.
Mis de la Boëssière-Thiennes.
A. de Lapparent.
Charles de la Vallée-Poussin.
Docteur Louis Delgeur.

MM. Chanoine Adolphe Delvigne.
Max Deprez.
Abbé De Ruelle.
Abbé Detierre.
Cte d'Hemricourt de Grunne.
Victor Drossart.
Max Dugniolle.
Barthélemy Du Mortier.
Abbé E. G. Durand.
R. P. Édel, S. J.
Docteur Foerster.
G. Gossart.
Abbé Bernard Haal.
Abbé Hamard.
H. Hermite.
Abbé Joseph Hervier.
R. P. Heude, S. J.
Abbé Knops.
Godefroid Kürth.
Abbé Lairein.

MM Abbé A. Lecomte.
Abbé Ferdinand Lefebvre.
Édouard Martens.
Adolphe Méhu.
Docteur Molloy.
Abbé Neusy.
Abbé Nicolas Post.
R. P. Rathouis, S. J.
Can. Leonardo Reghini.
R. P. Renard, S. J.
Abbé Michel Renard.
Abbé P. Richard.
Abbé Scheyven.
Albert Solvyns.
Alfred Struelens.
Abbé Swolfs.
Abbé Henri Van den Born.
Chanoine Vande Putte.
Camille Vander Linden.
Chanoine Nicolas Wies.

4me Section.

Anatomie, Physiologie. — Hygiène. — Pathologie, Thérapeutique, etc.

MM. Anthoine.
Cher Marco Aurelio Aurineta.
Abel Bourdeau.
Brasseur.
Bribosia.
Abbé J.-B. Carnoy.
Comberbach.
Cousot.
Daubioul.
Debaisieux.
De Cock.
Alphonse De Preter.

MM. Dosfel.
A. Faucon.
Xavier Francotte.
Léonard Gaillet.
Garreau.
Alfred Gilbert.
Haan.
Hairion.
Hamoir.
Hayoit.
Eugène Hubert.
Justin Ide.

MM. Antoine Kums.
Alexandre Lagasse.
Larondelle.
Lebon.
Charles Ledresseur.
Lefebvre.
Joseph Louwers.
Malcorps.
E. Masoin.
Jules Matagne.
Léopold Merveille.
Saint-George Mivart.
Mœller.
Neeffs.
Léon Noël.

MM. Obet.
Am. Philippart.
Alphonse Proost.
Reynaert.
Boniface Schmitz.
Schobbens.
George Sigerson.
Snyers.
Louis Van Biervliet.
F. Vanden Abeele.
Van Goidsnoven.
Van Kempen.
Van Zegvelt.
G. Verriest.
Ferdinand Willième.

5me Section.

Agronomie. — Économie sociale, Statistique. — Sciences commerciales. — Économie industrielle.

MM. Ernest Anne.
Abbé P. Baes.
Charles Barecl.
Auguste Beckers.
Adolphe Berleur.
Victor Bonnevie.
Abbé Th. Bouquillon.
Armand Brifaut.
Charles Campioni.
Jules Cartuyvels.
Charles Claes.
Victor Cortin.
Herman De Baets.
Louis De Bauque.
Tony De Bruyn.
François de Cannart d'Hamale.

MM. Pce Eugène de Caraman-Chimay.
Pce Emmanuel de Croy.
Pce Gustave de Croy.
Pce Juste de Croy.
Bon de Haulleville.
Ernest de Hults.
Victe Eugène de Kerckhove.
Bon de Lafontaine.
Cte de Liedekerke.
Francis de Monge.
Léon de Monge.
Jules de Montpellier.
Cher de Moreau d'Andoy.
Cte Louis de Nédonchel.
De Presseux.
Jules de Smet.

É. Descamps.
Alphonse de Vigneron.
Cte de Villegas de Saint Pierre.
Cher Camille de Wouters.
Ferdinand Dohet.
Cte Edgar du Val de Beaulieu.
Joseph Everarts.
Ch. Féron-De Decker.
Émile Geelhand.
Frank Gillis.
Joseph Herreboudt.
Louis Huart.
Victor Jacobs (Bruxelles).
Arthur Jeanmart.
Paul Lefebvre.
Legrand-Benoit.
Cte Ferdinand Le Grelle.
Léon Lejeune.
Émile Limpens.
Henri Mayer.
Charles Ménétrier.
Jules Nagels.
Navet.
Émile Pirenne.
Georges Rolin.
Jules Rolin.
Henri Saey.
Henri Schmidt.
Théophile Smekens.
Bon Maurice Snoy.
Émile Stinglhamber.
Abbé L. Struyf.
Charles Thiébauld.
Léon t'Serstevens.
Léon Vandamme.
Chanoine Vanderesse.
E. Vander Laat.
Cte Fr. vander Straten-Ponthoz.
Edmond Van Geetruyen.
Gustave Van Zuylen-Orban.
Abbé Adelson Walravens.
Armand Wasseige.
Vincent Wéry.
A. Widmer.

MEMBRES DU CONSEIL,

1875-1876.

—

Président, Dr Lefebvre.
1er *Vice-Président,* colonel Jacmart.
2e *Vice-Président,* Cte Fr. vander Straten-Ponthoz.
Secrétaire, R. P. Carbonnelle, S. J.
Trésorier, M. Frank Gillis.

MM. Chanoine Abbeloos.
Dr Bribosia.
Fr. de Cannart d'Hamale.
Chanoine de Harlez.
Mis de la Boëssière-Thiennes.
Chanoine Delvigne.
Cher de Moreau d'Andoy.
Capitaine De Tilly.
Fr. Dewalque.
André Dumont.
Dr L. Hubert.
Abbé Lecomte.
E. Martens.
E. Masoin.
A. Ménétrier.

—

Secrétaires-adjoints.

MM. L. De Beys.
E. Ghysens.

MEMBRES DU CONSEIL,

1876-1877.

Président, M. Ph. GILBERT.
1er *Vice-Président,* capitaine DE TILLY.
2e *Vice-Président,* M. Léon T'SERSTEVENS.
Secrétaire, R. P. CARBONNELLE, S. J.
Trésorier, M. Frank GILLIS.

MM. Chanoine ABBELOOS.
Dr BRIBOSIA.
Fr. DE CANNART D'HAMALE.
Mis DE LA BOËSSIÈRE-THIENNES.
Chanoine DELVIGNE.
Fr. DEWALQUE.
André DUMONT.
Colonel JACMART.
Abbé LECOMTE.
Dr LEFEBVRE.
E. MARTENS.
E. MASOIN.
A. MÉNÉTRIER.
A. PROOST.
Cte Fr. VANDER STRATEN-PONTHOZ.

Secrétaires-adjoints.

MM. L. DE BEYS.
E. GHYSENS.

BUREAUX DES SECTIONS.

1875-1876.

—

1re Section.

Président, M. Ph. GILBERT.
Vice-Présidents, MM. DE TILLY et MANSION.
Secrétaires, MM. DE BEYS et Th. BELPAIRE.

2me Section.

Président, M. L. HENRY (Louvain).
Vice-Présidents, MM. Fr. DEWALQUE et KRANS.
Secrétaire, M. André DUMONT.

3me Section.

Président, M. l'abbé LECOMTE.
Vice-Présidents, MM. DE LA VALLÉE-POUSSIN et DELGEUR.
Secrétaires, MM. le R. P. RENARD et A. DE FIERLANT.

4me Section.

Président, M. HAIRION.
Vice-Présidents, MM. BRIBOSIA et LE BON.
Secrétaires, MM. L. NOËL et A. PROOST.

5me Section.

Président, M. le Cte Fr. VANDER STRATEN-PONTHOZ.
Vice-Présidents, MM. A. DE MOREAU D'ANDOY et L. T'SERSTEVENS.
Secrétaires, MM. C. THIÉBAULD et P. LEFEBVRE.

———

BUREAUX DES SECTIONS,

1876-1877.

1re Section.

Président, M. Ph. GILBERT.

Vice-Présidents, MM. DE TILLY et MANSION.

Secrétaires, MM. DE BEYS et Th. BELPAIRE.

2me Section.

Président, M. Fr. DEWALQUE.

Vice-Présidents, MM. Paul MARLIN et André DUMONT.

Secrétaires, MM. A. BONNEVIE et P. DE HEEN.

3me Section.

Président, M. l'abbé LECOMTE.

Vice-Présidents, MM. DE LA VALLÉE-POUSSIN et DELGEUR.

Secrétaires, MM. le R. P. RENARD et A. DE FIERLANT.

4me Section.

Président, M. HAIRION.

Vice-Présidents, MM. WILLIÈME et LARONDELLE.

Secrétaires, MM. B. SCHMITZ et A. PROOST.

5me Section.

Président, M. le Cte Fr. VANDER STRATEN-PONTHOZ.

Vice-Présidents, MM. A. DE MOREAU D'ANDOY et L. T'SERSTEVENS.

Secrétaires, MM. C. THIÉBAUD et P. LEFEBVRE.

CIRCULAIRE DU COMITÉ PROVISOIRE

(juillet, 1875).

Monsieur,

Il se forme actuellement une association dans laquelle un grand nombre de savants belges et plusieurs savants étrangers se sont déjà fait inscrire. Nous vous adressons un exemplaire des statuts votés au mois de juin dans deux réunions tenues à Bruxelles. L'esprit, le but et les moyens de cette association s'y révèlent assez clairement. Elle veut montrer, par ses discussions et ses publications, qu'il n'existe aucun désaccord entre l'esprit religieux et l'esprit scientifique.

Depuis quelques années, l'irréligion cherche de nouveau à se couvrir d'un vernis de science. C'est au nom de la science qu'on prétend imposer à l'homme, malgré les réclamations obstinées de sa conscience, les énormités qui sont de foi chez les athées et les matérialistes. Beaucoup d'autres erreurs, moins grossières mais non moins funestes, usurpent également l'autorité des apparences scientifiques. Il faut que la science sérieuse démontre l'inanité de ces prétentions. Il faut ôter toute excuse au fanatisme qu'elles encouragent, en faisant voir tout ce qu'elles cachent d'ignorance et de préjugés. C'est une nécessité aujourd'hui reconnue.

Au devoir qui résulte d'une telle situation, d'autres motifs encore sont venus se joindre, qui ont fait converger de nombreuses volontés vers la fondation de la *Société scientifique de Bruxelles*. Cette association n'a pas voulu se limiter aux frontières de la Belgique. Elle compte avec raison sur le concours des savants étrangers, dont plusieurs lui ont déjà fait parvenir de précieux encouragements. C'est pour ce motif qu'elle a préféré le nom de la ville où elle tiendra ses réunions à celui du pays où elle a pris naissance.

Tous nous croyons que cette œuvre vient réellement à son heure, et qu'elle réussira. Elle fera voir que, dans les doctrines

comme dans les intelligences, la foi et la raison, loin de se combattre, se prêtent souvent un mutuel appui. C'est à cette démonstration que tendront nos travaux, et tout particulièrement la Revue annoncée à l'article 3. Nous espérons que ces publications fourniront des armes utiles aux défenseurs de la vérité religieuse.

Pour atteindre ce noble but, nous faisons appel, non-seulement aux savants distingués et aux écrivains accoutumés à la vulgarisation, mais, comme le dit l'article 4, « à tous ceux qui reconnaissent l'importance d'une culture scientifique sérieuse pour le bien de la société. » Quiconque approuve nos statuts et en professe les principes a sa place marquée dans nos rangs. Sans un concours empressé et généreux, il serait impossible de soutenir dignement une œuvre aussi importante. Aussi, dans la réunion du 17 juin, l'on a fait dépendre la constitution définitive de la Société du nombre d'adhésions qu'on recueillera jusqu'au mois d'octobre. Nous avons lieu d'espérer que notre appel sera entendu, et que le minimum de 250 membres sera notablement dépassé. Déjà, au 1er juillet, nous comptions plus de cent inscriptions.

Bien que l'on ait fixé à cinq le nombre des sections, il est formellement entendu qu'aucune des branches d'étude rangées ordinairement sous le nom de sciences n'est exclue de notre programme. L'agronomie, par exemple, la géographie, l'ethnographie, la science du langage, etc., y trouveront leur place. La cinquième section s'interdit absolument les questions de droit public, de philosophie sociale et de politique; mais elle étudiera tous les sujets strictement économiques, tels que la statistique, la population, la production, la consommation, l'impôt, la monnaie, etc.

Les admissions seront, jusqu'à la séance d'octobre 1875, prononcées par le Comité provisoire institué le 17 juin dernier. Les membres et les délégués de ce Comité se chargent de recueillir les adhésions soit de membres fondateurs, soit de membres ordinaires. Mais ces adhésions peuvent aussi être envoyées directement au Secrétaire du Comité, M. Louis De Beys, rue de Vienne, 8, Ixelles.

Le Comité provisoire.

—

Fr. de Cannart d'Hamale, sénateur	Malines.
C[te] Fr. van der Straten-Ponthoz, membre titulaire de l'Académie des lettres, sciences et arts de Metz	Bruxelles.
A.-A.-J. Ménétrier, professeur à l'École des mines du Hainaut	Mons.
D[r] F. Lefebvre, professeur à l'Université catholique	Louvain.
I. Carbonnelle, S. J. docteur en sciences physiques et mathématiques	Bruxelles.
Ph. Gilbert, professeur à l'Université catholique	Louvain.
Ch. de la Vallée-Poussin, professeur à l'Université catholique	Louvain.
J.-B. Carnoy, docteur en sciences, curé de. .	Bauffe.
A. de Moreau d'Andoy, conseiller provincial .	Andoy.
J. Godinne, docteur en droit	S[t]-Josse-ten-Noode.
André Dumont, ingénieur	Anvers.
A. Proost, docteur en sciences naturelles . .	Laeken.
L. De Beys, secrétaire du Comité	Ixelles.

———

SÉANCE INAUGURALE DU 18 NOVEMBRE 1875.

—

A 3 heures 20 minutes, les membres du Comité provisoire prennent place au bureau, sous la présidence de M. de Cannart d'Hamale, sénateur.

L'Assemblée est nombreuse et ne s'est pas uniquement recrutée dans l'agglomération bruxelloise. Il s'y trouve des membres étrangers à la Belgique, et beaucoup de villes du pays y ont envoyé des représentants. Citons en particulier Anvers, Beaumont, Bruges, Charleroi, Chièvres, Gand, Grammont, Hasselt, Huy, Liége, Lierre, Louvain, Malines, Mons, Nivelles, St-Nicolas, Termonde, Tournay, Verviers, Vilvorde, etc.

M. de Cannart d'Hamale ouvre la séance par cette courte allocution :

Messieurs,

Avant de passer à l'ordre du jour, vous me permettrez de remplir un devoir du cœur et de vous remercier, au nom du Comité provisoire, de l'empressement que vous avez mis à fonder cette association dont le but est de combattre les erreurs du rationalisme. Vous voulez prouver par vos travaux qu'il ne saurait jamais y avoir de véritable dissentiment entre la foi et la raison; que partout où la raison s'accorde avec la foi, là est la vérité; partout où cet accord manque, là est l'erreur.

Votre présence ici en si grand nombre est d'un heureux présage pour l'avenir de votre association. Nous le constatons avec bonheur et je vous en adresse nos plus sincères félicitations.

Permettez-moi d'ajouter deux mots, Messieurs; je ne serai point long, je sais que votre temps est précieux et qu'il vous tarde de consacrer votre œuvre. Mais je me dois à moi-même de vous expliquer les motifs qui me font occuper le fauteuil présidentiel. A la nouvelle de cette entreprise noble et pleine d'à-propos, comme s'exprime la *Civiltà Cattolica*, je me suis empressé d'y prendre part. Mes convictions et mon dévouement à tout ce qui peut contribuer à la défense des vérités religieuses m'en faisaient un devoir. Invité à faire partie du Comité provisoire, mon âge et mes cheveux blancs me désignèrent pour en présider les réunions et c'est ainsi, Messieurs, que moi, simple mortel, j'ai l'honneur d'adresser le premier la parole à cette belle et nombreuse assemblée, heureux de pouvoir remettre bientôt à un plus digne le fauteuil que j'occupe bien fortuitement. (*Sourires et applaudissements.*)

Le P. Carbonnelle lit ensuite le Rapport :

MESSIEURS,

Le 1er mars de cette année une dizaine d'amis, appartenant à l'enseignement supérieur et à d'autres professions savantes, se réunirent à Bruxelles et discutèrent entre eux pour la première fois le projet dont vous voulez aujourd'hui consacrer la réalisation. Trois semaines plus tard, dans une seconde séance, ils en arrêtèrent les traits essentiels, et s'appliquèrent ensuite à le faire connaître autour d'eux. Grâce à leurs démarches, il fut bientôt possible de convoquer des réunions plus nombreuses. Ce fut ainsi que l'on parvint, le 10 et le 17 juin, à voter les statuts que vous connaissez. L'esprit, le but et les moyens de la nouvelle association se trouvaient dès lors parfaitement définis, et l'on put commencer à recueillir des adhésions.

Ce ne devait pas être facile à cette époque de villégiature et de voyages. Les courses inutiles, les longues et multiples correspondances pouvaient décourager ou du moins entraver le recrutement. Telle était pourtant la confiance des fondateurs que,

malgré ce sérieux obstacle, ils ne craignirent pas de faire dépendre la constitution définitive et l'existence même de la Société, du nombre d'adhésions qui seraient recueillies pendant une saison si peu favorable. Était-ce une imprudence, Messieurs ? Ont-ils eu tort de fixer ce haut minimum de 250 membres? On a pu le penser; mais vous ne leur demanderez pas aujourd'hui de se justifier; car, en tout état de cause, le succès les absout. Ce n'est pas 250, c'est presque le double, c'est 453 adhésions que nous devons vous annoncer. (*Applaudissements.*)

Parcourez cette liste; vous y remarquerez à côté de ces beaux noms qui ont illustré notre histoire nationale, une longue série de noms que recommandent les travaux accomplis et les services personnellement rendus à la patrie. Vous y trouverez à la fois des forces éprouvées et de jeunes talents pleins d'avenir; une cinquantaine de docteurs en droit et en sciences politiques et administratives, à peu près le même nombre de docteurs en médecine, plus de soixante ingénieurs, plus de soixante-dix professeurs dont la moitié appartient à l'enseignement universitaire, de nombreux docteurs en sciences naturelles ainsi qu'en sciences physiques et mathématiques. La philosophie et la théologie elle-même nous ont donné de leurs lauréats; et, malgré le caractère strictement scientifique de notre association, nous sommes sûrs, Messieurs, que vous les accueillerez avec une faveur marquée. (*Applaudissements.*)

Enfin, nous tenons beaucoup à le faire ressortir, l'Académie royale des sciences, des lettres et des beaux-arts de Belgique, et l'Académie royale de médecine nous ont chacune fourni un précieux contingent. Et quoique, nés d'hier, nous puissions à peine être connus loin de notre berceau, quoique nous commencions seulement à nous recruter hors de la Belgique, déjà de célèbres Sociétés étrangères, telles que l'Académie des sciences de l'Institut de France et l'Académie pontificale des *Nuovi Lincei* nous ont envoyé d'illustres représentants.

Le Comité provisoire, institué le 17 juin dernier, demandait dans sa circulaire « un concours empressé et généreux. » Aujourd'hui, sur le point de se dissoudre, il doit reconnaître que ce

concours a dépassé toutes ses espérances; et il est heureux, Messieurs, de vous en remercier.

Mais à quel motif devons-nous attribuer votre faveur et vos encouragements? Il n'est pas possible d'en douter; c'est à la belle devise que les premiers fondateurs ont noblement inscrite à l'article 1er des statuts : *Nulla unquam inter fidem et rationem vera dissensio esse potest.* Vous avez compris le sens profond de cette parole et, intimement convaincus qu'elle est vraie et opportune, vous voulez contribuer à la démontrer. Elle ne proclame pas seulement qu'une vérité scientifique ne peut être en opposition réelle avec le dogme révélé, c'est-à-dire que l'enseignement donné par Dieu à notre raison ne peut contredire celui qu'il donne à notre foi; elle affirme en outre que, dans l'intelligence humaine, il n'y a pas la moindre incompatibilité entre l'esprit scientifique et l'esprit religieux. Vous savez que dans tous les siècles ces deux esprits ont toujours été harmonieusement unis, qu'il en est encore ainsi dans le nôtre, et que le contraire ne constitue qu'une exception. Mais cette exception est aujourd'hui peut-être plus tapageuse que jamais, et vous croyez qu'il est bon de la confondre. Unis déjà dans une société spirituelle pour la religion, vous avez voulu vous associer aussi pour la science. L'association augmentera considérablement votre force, et, vous pouvez l'espérer sans outrecuidance, les travaux qui se produiront dans le sein de cette Société contribueront à démontrer que la science et la religion, loin de se combattre, se prêtent souvent un mutuel appui.

« Cette association se propose de favoriser, conformément à l'esprit de sa devise, l'avancement et la diffusion des sciences. » C'est ainsi que l'article 2 définit notre but. C'est donc là ce que nous voulons, et nous ne voulons pas autre chose. Pourquoi le voulons-nous? La réponse est dans l'article 4 : nous sommes de « ceux qui reconnaissent l'importance d'une culture scientifique sérieuse pour le bien de la société. » Notre raison individuelle nous révèle cette importance; et elle se trouve d'accord sur ce point avec la plus haute et la plus incontestable autorité. La première constitution dogmatique du Concile du Vatican, dans cet

admirable chapitre IV, trop peu connu des incroyants et même peut-être des catholiques, s'exprime ainsi : « Bien loin de s'opposer au progrès des arts et des sciences humaines, l'Église leur vient en aide et les encourage de bien des manières. Elle n'ignore pas, elle ne méprise pas les avantages qui en résultent pour la vie des hommes; elle fait plus, elle reconnaît que, venant de Dieu, le maître des sciences, leur emploi régulier doit, avec le secours de sa grâce, nous ramener à Dieu. » Permettez-moi, Messieurs, de pousser cette citation plus loin; les paroles qui suivent sont le meilleur commentaire de notre article 2 : « L'Église ne défend pas aux sciences d'employer, chacune dans son domaine, ses propres principes et sa propre méthode; mais tout en leur reconnaissant cette juste liberté, elle s'efforce d'empêcher que l'opposition à l'enseignement divin ne leur inocule des erreurs ou que, sorties de leurs frontières, elles ne s'annexent et ne révolutionnent le domaine de la foi [1]. »

Malgré ce but si noble, malgré ces règles si sages, notre projet a été attaqué dans la presse irréligieuse. Ce n'est ni bien surprenant, ni bien dangereux; c'est tout simplement une preuve qu'il vient à son heure. Nous avons lu une partie de ces articles, mais nous ne vous en citerons rien. Car s'il est honorable pour nous que cette presse ait reçu l'ordre de nous décrier, la façon dont elle s'est acquittée de sa consigne n'est pas faite pour nous enorgueillir. Il est en effet évident qu'elle a confié cette besogne à des plumes peu exercées; et, franchement, nous méritions mieux. (*Rires.*) Une seule objection doit être relevée. On a dit que la fondation de la nouvelle Société était inspirée par une certaine hostilité envers des corps savants qui sont un honneur

---

[1] Tantum abest ut Ecclesia humanarum artium et disciplinarum culturæ obsistat, ut hanc multis modis juvet atque promoveat. Non enim commoda ab iis ad hominum vitam dimanantia aut ignorat aut despicit; fatetur imo, eas, quemadmodum a Deo, scientiarum Domino, profectæ sunt, ita si rite pertractentur, ad Deum, juvante ejus gratia, perducere. Nec sane ipsa vetat, ne hujusmodi disciplinæ in suo quæque ambitu propriis utantur principiis et propria methodo; sed justam hanc libertatem agnoscens, id sedulo cavet, ne divinæ doctrinæ repugnando errores in se suscipiant, aut fines proprios transgressæ, ea. quæ sunt fidei, occupent et perturbent. (*Const. de Fid. cath. C. IV.*)

pour le pays. Mais que signifie cette vague objection? Et d'abord, pourquoi s'appliquerait-elle à notre projet plutôt qu'aux autres Sociétés scientifiques formées récemment? Serait-ce parce que nous avons des convictions religieuses? Si c'est là ce que l'on veut dire, l'injure ne s'adresse pas à nous; elle s'adresse, fort gratuitement, à ces corps savants; et s'ils ne la repoussent pas, ce n'est pas qu'ils l'acceptent, c'est qu'ils la méprisent. Ensuite, quel acte avons-nous posé, quelle déclaration avons-nous faite, quelle parole avons-nous prononcée qui autorise, je ne dis pas une accusation formelle, mais un simple soupçon? On ne cite rien, on n'a rien à citer. C'est donc un reproche sans fondement, une objection en l'air. On espère, suivant le mot de Voltaire, qu'il en restera toujours quelque chose. Mais ceux qui essayent de l'accréditer semblent n'avoir jamais entendu parler de ce que sont en Angleterre, en France, aux États-Unis et ailleurs, les associations nationales pour l'avancement des sciences. Est-ce que, par exemple, l'Association britannique, qui existe en Angleterre depuis quarante-cinq ans, a jamais fait le moindre tort à la Société royale? Est-ce que l'Association française a jamais nui à l'Académie des sciences? Les membres de ces Académies sont presque tous membres de ces associations; et l'expérience leur montre bien clairement que ces deux institutions, d'origine et d'organisation différentes, ne se gênent pas mutuellement, qu'au contraire elles s'entr'aident et se complètent l'une l'autre. Nous aussi, Messieurs, nos statuts en font foi, nous formons une simple association pour l'avancement des sciences; nous n'avons pas la prétention d'être une académie. Pourquoi donc ferions-nous exception à la loi générale? Comme je vous le disais tout à l'heure, plusieurs de nos membres appartiennent en même temps à quelqu'un de ces corps illustres avec lesquels on essaye de nous mettre en opposition; croit-on qu'ils seraient parmi nous, si cette imputation malveillante avait le moindre fondement? Pourquoi d'ailleurs nous bornerions-nous à cette vingtaine de noms? Tous nous sommes animés du même sentiment; chacun des 453 noms qui figurent sur nos listes est une protestation contre l'hostilité qu'on a voulu nous attribuer; et pour tout

homme d'honneur, cette protestation doit suffire. (*Approbation.*)

Répétons-le donc, nous voulons, en nous associant, favoriser, conformément à l'esprit de notre devise, l'avancement et la diffusion des sciences; et nous ne voulons pas autre chose. Cette déclaration faite, oublions ces tristes adversaires. (*Applaudissements.*)

Nous avons été un moment exposés à d'autres défiances, beaucoup plus sincères, partant plus dangereuses, mais aussi peu fondées. Nous préférons de ne vous en dire qu'un mot : c'est que ces défiances sont depuis longtemps évanouies, et que l'erreur a été loyalement, complétement réparée.

Dès nos premiers pas, du reste, le clergé, juge compétent, nous a partout accueillis avec faveur; beaucoup de ses membres les plus distingués nous ont envoyé leur adhésion, et l'illustre Cardinal, Primat de la Belgique, a voulu lui-même s'incrire en tête de la liste des *membres fondateurs.* (*Applaudissements.*)

Les encouragements de la presse catholique de Belgique ne nous ont pas manqué; et, remarquez-le bien, en nous encourageant cette vaillante presse ne parlait pas au nom de la politique qui n'a rien à faire dans notre Société, elle parlait au nom de la science et de la religion. A l'étranger aussi, en France, en Italie, en Allemagne, des journaux scientifiques et religieux ont commencé à nous faire connaître. La *Civiltà Cattolica,* en particulier, s'est empressée de recommander notre programme aux savants catholiques de l'Italie et du monde entier. Elle y avait sans peine reconnu l'esprit qui nous anime. « C'est là, disait-elle, l'esprit du Concile du Vatican, c'est l'esprit opposé à la grande erreur moderne du rationalisme, c'est le véritable esprit catholique. » Et elle terminait par cette exhortation qui a été comprise : « Nous ne croyons pas qu'il y ait des hommes animés de sentiments vraiment catholiques qui, à la vue de cette nouvelle institution, ne croient pas devoir s'en réjouir, ou qui, dans la mesure de leurs moyens, refusent de lui prêter le concours qu'elle mérite. (*Applaudissements.*) » Nous avons, Messieurs, remercié la *Civiltà* de la bienveillance qu'elle nous a témoignée et du grand service qu'elle nous a rendu. Nous avons également remercié S. E. le cardinal Dechamps, et quelques autres amis qui nous ont spon-

tanément appuyés de leur haute influence ([1]). Nous sommes bien sûrs que vous approuverez ces remercîments. (*Applaudissements.*)

A cette rapide esquisse de nos commencements et de nos progrès, nous devons ajouter quelques éclaircissements sur certains articles de nos statuts. Déjà le Comité provisoire, sur l'invitation de l'Assemblée générale du 17 juin, déclarait ainsi, dans sa circulaire, le sens de l'article 11 : « Bien que l'on ait fixé à cinq le nombre des sections, il est formellement entendu qu'aucune des branches d'étude rangées ordinairement sous le nom de sciences n'est exclue de notre programme. L'agronomie, par exemple, la géographie, l'ethnographie, la science du langage, etc., y trouveront leur place. La cinquième section s'interdit absolument les questions de droit public, de philosophie sociale et de politique; mais elle étudiera tous les sujets strictement économiques, tels que la statistique, la population, la production, la consommation, l'impôt, la monnaie, etc. » Ajoutons que le groupement des branches et l'organisation des sections se feront naturellement lors de la première session de la Société, au mois de janvier 1876.

D'après l'article 3, nous devons nous efforcer « de rendre possible la publication d'une revue destinée à la vulgarisation. » Il

---

([1]) Dès le mois d'août, le cardinal Antonelli était complétement renseigné sur la Société scientifique de Bruxelles. Le soir du 17 novembre, le télégramme suivant lui fut adressé :

« *Card. Antonelli, Rome.*

» De nombreux catholiques, qui se réuniront demain jeudi pour constituer définitive-
» ment la Société scientifique conforme aux constitutions du Concile du Vatican, deman-
» dent la bénédiction du Saint-Père.

» Sénateur CANNART D'HAMALE,

» Cercle catholique, rue des Pierres, Bruxelles. »

La réponse arriva le jeudi soir, mais un peu trop tard pour être communiquée à l'Assemblée. Voici cette réponse :

« *M. le sénateur Cannart d'Hamale, Bruxelles, rue des Pierres.*

» Le Saint-Père a accordé la bénédiction demandée par votre télégramme.

» J. *Card.* ANTONELLI. »

s'agit là, Messieurs, d'une revue complétement distincte de la publication annuelle. Celle-ci doit être surtout alimentée par les travaux scientifiques originaux, présentés en section à la Société, et approuvés par elle; elle sera envoyée à tous les membres, et représentera à peu près les quinze francs de notre cotisation annuelle. Quant à la revue, publiée sous le patronage et la direction de la Société, elle s'adresserait à un public beaucoup plus étendu; elle s'attacherait à vulgariser, à exposer pour tout lecteur instruit, mais non spécial, les questions scientifiques les plus importantes; et il va sans dire que le comité de rédaction et les écrivains préféreront naturellement les questions qui excitent l'intérêt le plus général. De ce nombre sont évidemment toutes celles où la science confine à la philisophie ou à la religion révélée. Combien de fois n'avons-nous pas entendu regretter l'absence d'une publication spéciale autorisée, où les nombreuses objections que l'incrédulité aime à accumuler au nom de la science, se trouveraient toutes clairement exposées et clairement réfutées; où les philosophes sérieux et les théologiens pourraient se renseigner et se mettre en état d'apprécier eux-mêmes à leur juste valeur ces pauvretés que l'on décore souvent de noms prétentieux et que l'on prône comme des arguments invincibles? « C'est au nom de la science, comme le disait votre Comité provisoire, qu'on prétend imposer à l'homme, malgré les réclamations obstinées de sa conscience, les énormités qui sont de foi chez les athées et les matérialistes. Beaucoup d'autres erreurs, moins grossières, mais non moins funestes, usurpent également l'autorité des apparences scientifiques. Il faut que la science sérieuse démontre l'inanité de ces prétentions. Il faut ôter toute excuse au fanatisme qu'elles encouragent, en faisant voir tout ce qu'elles cachent d'ignorance et de préjugés. C'est une nécessité aujourd'hui reconnue. »

De cette nécessité découle pour nous un devoir; eh bien! notre revue serait tout spécialement consacrée à l'accomplissement de ce devoir. Les conversations que nous avons eues à ce sujet, en Belgique et en France, avec des hommes qui sont à la fois des savants chrétiens et des écrivains distingués, nous ont de

plus en plus confirmés dans l'espoir que cette œuvre est appelée à réussir, et qu'elle fournira non-seulement une lecture utile à tous les esprits cultivés, mais encore des armes solides aux défenseurs de la vérité religieuse.

Vous connaissez tous, Messieurs, l'excellente *Revue des questions historiques* publiée en France dans le même esprit. Nous voudrions produire, à peu près dans les mêmes conditions, une *Revue des questions scientifiques,* qui, prenant place à côté de son aînée, la compléterait en quelque sorte, et s'adresserait à la même classe de lecteurs. Elle paraîtrait tous les trois mois, par cahiers de 350 pages environ, formant deux volumes par an. Le prix de l'abonnement pour le public serait probablement de 20 francs, comme pour la publication parisienne; mais pour les membres de la Société, il serait réduit de 25 %.

Une pareille publication ne sera possible que si nous parvenons à réunir un nombre assez respectable d'abonnés; car outre les frais matériels, il faut, si l'on veut obtenir une bonne rédaction, assurer une rémunération convenable aux écrivains. Aussi, dès ce moment, nous allons nous occuper de recueillir des promesses d'abonnements, et nous espérons que tous les membres de la Société voudront bien nous aider par une active propagande. Déjà une liste est déposée sur le bureau, où nous prions les membres présents d'apposer leur signature, pour indiquer leur intention de s'abonner à la *Revue des questions scientifiques,* si nous parvenons à en effectuer la publication. Le succès nous gâte peut-être, mais plusieurs d'entre nous espèrent que l'on pourrait déjà commencer à paraître dans le premier trimestre de 1876. Ils comptent évidemment beaucoup sur votre zèle et sur votre dévouement pour réaliser cette espérance.

Vous allez, dans quelques instants, procéder à l'élection prescrite par l'article 5. Vous avez à nommer vingt membres du Conseil, dont cinq, le Président, les deux Vice-Présidents, le Secrétaire et le Trésorier doivent former le Bureau. Nous avions le devoir de rendre possible cette première élection qui, faite nécessairement au scrutin de liste, entre électeurs qui se réunissent pour la première fois, dont la plupart même ignorent

quels sont les noms des membres absents, ne pourrait guère aboutir dans les conditions ordinaires. La liste complète de nos membres est déposée sur le bureau et chacun peut la consulter; mais cela ne suffit pas, et si l'on veut en une séance réunir la majorité sur les vingt noms, il faut que le vote soit dirigé. Cependant le Comité provisoire, plein de respect pour la liberté, n'a pas voulu se réserver cette direction; il désire la partager avec vous tous. Voici le procédé auquel nous nous sommes arrêtés; nous espérons qu'il aura votre approbation, et il est bien entendu qu'il n'engage en aucune façon les élections qui se feront plus tard dans de tout autres conditions.

Tout nom proposé par dix membres sera déclaré éligible.

Aucun membre ne peut concourir à proposer plus de vingt éligibles.

Une fois la liste des éligibles formée et close du consentement de l'Assemblée, les électeurs seront tenus d'y renfermer leur choix.

Les membres du Comité, usant du droit que cet arrangement leur accorde, ont tenu à vous présenter une liste complète de vingt noms. Ce n'a pas été chose facile; cependant, après de longues délibérations et des négociations plus longues encore, ils ont pu faire imprimer, pour vous être distribué dans cette séance, le bulletin de leurs candidats.

Ceux des membres du Comité qui figurent sur cette liste, me chargent d'exprimer les vifs regrets que leur inspire la retraite de leurs collègues; mais ils doivent convenir qu'après bien des remontrances et des discussions, ils ont été forcés de reconnaître la valeur des raisons qui la justifient. Nous avons lieu de croire qu'aucun des candidats que nous vous présentons, ne sera dans le cas d'en invoquer de semblables. Espérons aussi que plus tard, quand la Société se sera étendue hors de nos frontières, on trouvera le moyen d'appeler au sein du Conseil des savants étrangers.

Nous l'avons en effet déclaré assez haut dès le principe, la Société compte beaucoup sur leur concours; et c'est pour ce motif, c'est pour exclure l'idée des limites géographiques qu'elle

a préféré le nom de la ville où elle tiendra ses réunions à celui du pays où elle a pris naissance. Le temps seul, il est vrai, nous a manqué pour nous recruter convenablement en France, en Italie, en Angleterre, en Hollande et ailleurs : les adhésions venues de ces pays ne forment encore qu'une bonne trentaine. Mais nous désirons ardemment les compter par centaines avant la fin de notre première année. Nous lisions dernièrement que l'Association française pour l'avancement des sciences, qui vient seulement de tenir sa quatrième session, compte déjà plus de 1,800 membres; en parcourant ses listes nous y avons rencontré un grand nombre de savants qui professent, sur la religion et la science, les principes mêmes de nos statuts. Évidemment leur place est marquée dans nos rangs; et la France n'est pas le seul pays où les savants catholiques abondent. Nous pouvons donc espérer.

Une autre réflexion nous est inspirée par les listes françaises. Dès la seconde session, le trésorier annonçait que 298 parts sociales de 500 francs étaient souscrites. Aujourd'hui nous apprenons que le capital s'élève à 174,000 francs, et que le total des recettes annuelles approche d'une quarantaine de mille. Nous sommes très-loin, Messieurs, de pouvoir sous ce rapport soutenir la comparaison, même toute proportion gardée, parce que le nombre de nos membres fondateurs est encore extrêmement restreint. Il est vrai que la saison consacrée au recrutement était particulièrement défavorable à ce genre de propagande. Mais nous devons exprimer le vœu que l'hiver qui commence soit sous ce rapport plus fécond que l'automne. Nos sessions, nos publications annuelles, et surtout la revue que nous projetons exigent un capital social. De plus, si nous voulons efficacement favoriser l'avancement des sciences, il faut que la Société puisse de temps en temps accorder des subsides pour les recherches dispendieuses. Nous devons donc faire un sérieux appel à la générosité de nos amis, et nous avons la confiance que cet appel sera entendu.

Messieurs, dans ce rapport nous vous devions un compte exact de notre origine, de nos progrès et de notre situation

actuelle; nous croyons n'avoir rien omis d'important. Voici comment nous pouvons le résumer : Sur un point le succès n'a pas encore couronné nos efforts, sur tous les autres il a dépassé nos espérances. Remercions Dieu qui nous a inspiré ce dessein pour sa gloire. Sa protection nous a fait réussir jusqu'ici; demandons-lui de nous aider toujours dans la noble tâche qu'il nous a imposée. (*Applaudissements prolongés.*)

Après cette lecture, les membres de l'Assemblée se concertent pour la formation d'une liste d'éligibles. On passe ensuite au scrutin. (Voir plus haut p. 37.)

Après la proclamation du résultat du vote, les nouveaux Conseillers viennent, sur l'invitation de M. de Cannart d'Hamale, s'asseoir au bureau.

Le Dr Lefebvre, salué au fauteuil de la présidence par des applaudissements enthousiastes, se lève et prononce le discours suivant :

Messieurs,

Le premier sentiment qui me saisit en me levant dans cette assemblée, c'est un sentiment de confusion. Je me sens humilié d'occuper cette place que tant d'autres rempliraient avec plus d'autorité et plus d'éclat. Ce sentiment ne peut que s'accroître lorsque j'entends le vénéré président du Comité provisoire s'excuser d'avoir occupé quelque temps ce fauteuil.

Vous le reconnaissez à ce trait, le vétéran de toutes nos œuvres et de toutes nos luttes : toujours au premier rang quand il s'agit de jeter laborieusement les fondations d'une création utile, pressé de se retirer et de céder la place à d'autres, quand il ne leur reste qu'à recueillir de faciles honneurs. (*Applaudissements.*)

Ma seule excuse, c'est que plusieurs d'entre vous savent que j'avais au plus haut degré le sentiment de mon insuffisance, et qu'en cédant à leurs sollicitations, ce n'est pas un honneur que j'ai accepté, mais un devoir.

Après ces excuses nécessaires, ma première pensée est de remercier, au nom de l'Assemblée, qui ratifiera certainement le

mandat que je me donne, le digne président du Comité provisoire et ses infatigables coopérateurs, des peines qu'ils se sont données pour mener cette entreprise à bonne fin. Il m'est peut-être permis de ne pas trop insister sur notre reconnaissance, parce qu'ils ont déjà reçu la meilleure des récompenses dans le succès éclatant qui couronne aujourd'hui leurs efforts.

En me prévenant de vos intentions bienveillantes à mon égard, vous m'avez permis de rassembler, quoique hâtivement, quelques considérations sur notre œuvre, son caractère, ses avantages, ses écueils.

Ma tâche est singulièrement facilitée par l'excellent rapport que vous venez d'entendre. Il est impossible, à mon avis, de rencontrer avec plus de justesse et de mesure les questions qui se présentent d'elles-mêmes au seuil d'une œuvre comme la vôtre. Je m'associe pleinement aux considérations élevées que votre éloquent rapporteur vient de développer devant vous; je m'associe surtout aux nobles paroles qui s'adressent aux Sociétés savantes de notre pays. La culture des sciences et des lettres ne doit inspirer que des pensées élevées et des sentiments généreux : nos devanciers ne peuvent manquer d'accueillir avec sympathie les nouveaux ouvriers qui se présentent pour travailler à l'œuvre commune. Au demeurant, le domaine de la science est vaste et peu encombré : il rappelle ces plaines sans bornes du nouveau monde, où longtemps encore de nouveaux colons pourront s'établir sans porter ombrage aux premiers possesseurs.

Votre savant rapporteur a très-bien caractérisé le but que nous poursuivons : nous avons l'ambition de faire de la science sérieuse, c'est-à-dire de la science de recherches et de progrès. La science ainsi comprise est un peu austère dans ses allures; elle se nourrit de choses plutôt que de paroles; elle s'accommode peu des phrases solennelles, *sesquipedalia verba.*

Si les considérations que je vais livrer à votre indulgence sortent quelque peu de cette réserve et de cette mesure, puissent les circonstances m'excuser et ce mauvais exemple être le dernier qu'on vous donne.

L'Église, dans une de ces grandes assises qui ne se renouvel-

lent qu'à des distances séculaires, vient de formuler cette déclaration solennelle : « Il ne peut jamais y avoir de véritable désaccord entre la foi et la raison; car c'est le même Dieu qui
» révèle les mystères et communique la foi, qui a répandu dans
» l'esprit humain la lumière de la raison, et Dieu ne peut se nier
» lui-même, ni le vrai contredire jamais le vrai [1]. »

En gravant ces paroles du Concile du Vatican au frontispice de votre œuvre, vous faites, Messieurs, une profession publique de vos croyances religieuses; mais en même temps vous rendez à la science un hommage auquel elle a droit. Quelle confiance sereine et quelle infatigable ardeur ne puiserez-vous pas dans cette pensée qu'en travaillant à l'avancement et à la diffusion des sciences, vous ne heurterez aucune de ces croyances qui sont l'honneur et la consolation de votre vie! Quelle joie pour vos âmes chrétiennes, si vous pouviez effacer du code de la science ce divorce déplorable que le dix-huitième siècle a prétendu créer entre la foi et la raison. Les plus grands génies qui aient honoré l'humanité ont toujours protesté contre cet antagonisme. Saint Thomas, au treizième siècle, a résumé la doctrine des Pères de l'Église sur ce point dans un aphorisme que vous connaissez : « Il est impossible qu'une vérité de foi soit en contradiction avec un principe démontré par la raison, parce que le faux seul est contraire au vrai [2]. » Plus près de nous, à une époque où le protestantisme était encore une religion, c'est-à-dire conservait des dogmes définis, un illustre dissident, Leibnitz, a affirmé la même vérité avec autant de concision que d'énergie : « Comme la raison, dit-il, est un don de Dieu aussi bien que la foi, leur combat ferait combattre Dieu contre Dieu [3]. »

Qu'elles sont petites, Messieurs, quand on les regarde de ces hauteurs, les deux objections que l'incrédulité nous adresse, ou plutôt les deux calomnies qui traînent, depuis l'origine du christianisme, dans le camp de ses adversaires : « Vous n'êtes pas

---

(1) Const. de Fid. cath. C. IV.
(2) Lib. I. contra Gentiles, C. VII.
(3) Théodicée. Discours-préliminaire : De la conformité de la Foi et de la Raison.

libres, disent-ils, enserrés dans les bornes inflexibles de l'orthodoxie, vous n'avez pas l'indépendance nécessaire à la recherche du vrai. » Voilà la première objection. Voici comment ils formulent la seconde : « Vous avez peur de la vérité, et par conséquent de la science qui est son instrument. »

Arrêtons-nous un moment pour déblayer notre route des obstacles que la libre-pensée prétend y dresser.

On nous objecte d'abord que nous ne sommes pas libres. Sans doute, dans les questions de foi et de morale, nous avons des principes immuables, immuables comme Dieu lui-même qui a daigné nous les révéler; mais dans l'ordre des phénomènes naturels qui constituent le véritable domaine des sciences, nous savons que l'auteur de l'univers l'a livré à la curiosité et aux discussions des hommes (1). Nous avons le droit de dire à nos adversaires : Sur ce terrain, nous avons la même liberté que vous, et nous avons une garantie qui vous manque. Comme vous, nous recherchons à la lumière de la raison les lois qui gouvernent les mondes, celles qui régissent les êtres et qui coordonnent les atomes. Sans doute, notre raison est faible et bornée comme la vôtre, et comme vous nous pouvons glisser dans l'erreur. Mais voici où commence notre prééminence. Dans certaines régions obscures et élevées de la science où la raison chancelle et se prend de vertige, nous trouvons de distance en distance des bornes que Dieu a dressées lui-même. Sur ces points, à la vérité, il nous manque une liberté, mais ce n'est que la liberté de l'erreur. Vous prétendez que ces bornes enrayent le progrès. Quand le géologue parcourt les Alpes, curieux d'atteindre les escarpements du Mont-Rose ou les sommets neigeux du Mont-Blanc, à certains endroits où le sentier est taillé à pic sur les flancs du rocher, il rencontre des pierres dressées entre la route et l'abîme. Ces bornes l'empêchent-elles donc de monter et d'atteindre les hauteurs qu'il poursuit?

Ouvrons l'histoire et suivons rapidement la trace des grandes

---

(1) Cuncta fecit bona in tempore suo et mundum tradidit disputationi eorum. Eccl. C. III. v. 11.

intelligences chrétiennes dans les principales branches des connaissances humaines. Au XIII[e] siècle, le franciscain Roger Bacon, en restant parfaitement orthodoxe, n'a-t-il pas parcouru le cycle entier des sciences astronomiques et physiques, en les illuminant des éclairs de son puissant génie? Est-ce que les pères de l'astronomie moderne, Copernic, Képler et Newton n'étaient pas plus que des croyants, n'étaient-ils pas des chrétiens d'une piété exemplaire? Le profond respect d'Euler pour les livres bibliques l'a-t-il empêché de perfectionner le calcul intégral et de pénétrer plus loin qu'aucun de ses devanciers dans les obscurités de l'analyse? Vésale et Morgani ont-ils été arrêtés jamais, dans leurs recherches sur la structure et les fonctions de l'organisme humain, par la crainte puérile d'offenser par leurs découvertes quelque vérité révélée? Est-ce que l'abbé Spallanzani, le véritable précurseur des physiologistes modernes, a jamais été entravé par ses croyances dans ses magnifiques recherches sur la digestion, la respiration, la circulation, la reproduction des animaux, sur les phénomènes de la végétation, la constitution des infusoires, etc. N'est-ce pas le chanoine Haüy, de pieuse mémoire, qui a découvert les lois de la cristallisation des minéraux?

Et dans la pléiade des savants modernes, n'en compte-t-on pas une foule parmi les plus illustres, qui attestent, par leurs travaux, que les plus hautes spéculations de la science peuvent marcher de pair avec le respect pour la foi? Citons quelques noms qui se présentent les premiers à la pensée, ne fût-ce que pour répondre à cette affirmation superbe de la libre-pensée que nous ne sommes plus que des traînards d'une cause perdue, reniés par la science contemporaine: en France, Cuvier, Alexandre Brongniart, Deluc, Binet, Biot, Ampère, Augustin Cauchy, Quatrefages, Marcel de Serres, Blainville, Élie de Beaumont, Dumas, Charles Dupin, Coriolis, Tulasne, Ch. Hermite, Barrande; en Allemagne, Henri Steffens, H.-V. Schubert, Karl Raumer, Fuchs, André et Rudolph Wagner, Frédéric Pfaff, Müller, Hyrtl, Gustave Bisschof, Herman, Meyer, Carl Léonhard, Fréd.-Aug. Quenstedt, Baer; en Angleterre et en Amérique, Thomas Chalmers, Faraday, Buckland, Whewell, Sedgwick,

Fleming, Hugh Miller, John Macculloch, Davy, sir David Brewster, Owen, Dana.

Je m'arrête au moment où se présentent sur mes lèvres les noms qui honorent la Belgique savante et catholique. Il n'est pas séant de louer les siens, surtout quand on est exposé à les louer en leur présence. Il en est deux pourtant envers qui la mort me délie de toute discrétion, et je veux ajouter leurs noms à la liste de leurs glorieux contemporains de la France, de l'Allemagne et de l'Angleterre. Vous pressentez, Messieurs, que je vais nommer André Dumont et d'Omalius d'Halloy. André Dumont, mort à la fleur de l'âge, laissant après lui de vastes travaux et des espérances plus vastes encore, a fait autant d'honneur à la religion par sa fidélité qu'à la géologie par ses découvertes. D'Omalius d'Halloy est parvenu aux extrêmes limites de la vieillesse. Jusqu'à sa dernière heure, sa puissante intelligence est restée intacte dans un corps en ruine, semblable à ces feux qui projettent au loin d'éblouissantes clartés du haut d'un phare démantelé, et, jusqu'à sa dernière heure, sa foi est restée aussi vivante que son intelligence.

Ne trouvez-vous pas, Messieurs, qu'on peut s'honorer de marcher à la suite de pareils guides, et qu'on peut souscrire sans rougir à ce programme chrétien d'un des plus illustres d'entre eux, Augustin Cauchy : « Que le savant, dit-il, qui cherche vraiment la vérité rejette sans hésiter toute hypothèse qui serait en contradiction avec les vérités révélées. Ce point est capital, je ne dirai pas dans l'intérêt de la religion, mais dans l'intérêt des sciences, puisque jamais la vérité ne saurait se contredire elle-même. C'est pour avoir négligé cette règle que quelques savants ont eu le malheur de consumer en vains efforts un temps précieux, qui aurait pu être heureusement employé à faire d'utiles découvertes... Oui, on est forcé de le reconnaître, de même qu'en réglant le cœur et lui interdisant de faux plaisirs, la religion ne fait que lui ouvrir une nouvelle source de joies ineffables, et préparer son bonheur, de même en imposant à l'esprit du savant certaines règles, elle ne fait que contenir son imagination dans de justes limites, et lui épargner le regret de s'être laissé abuser

par de faux systèmes et de funestes illusions... Soyons donc certains que nous n'aurons point rétrogradé dans le chemin de la science pour nous être fiés à la parole de Celui qui voit tout, qui connaît l'univers [1]. »

Après ces autorités, citons l'autorité suprême.

Par une heureuse opportunité, au moment où vous fondez votre œuvre, l'Église affirme et définit la liberté légitime dont les sciences humaines doivent jouir. « Bien loin donc, dit le Concile du Vatican, que l'Église soit opposée à la culture des arts et des sciences humaines, elle la favorise et la propage de mille manières... et certes ce n'est pas elle qui défend aux sciences de se servir, chacune dans sa sphère, de ses principes propres et de sa méthode particulière; mais tout en reconnaissant cette juste liberté, elle veille avec soin, pour les empêcher d'admettre des erreurs, en se mettant en opposition avec la doctrine divine, ou d'envahir et de troubler, en franchissant leurs limites respectives, le domaine de la foi [2]. »

Marchez donc avec confiance dans la sincérité de vos âmes, et ne répondez que par un sourire à l'hypocrite sollicitude de la libre-pensée, quand elle s'inquiète de la manière dont vous conciliez votre conscience avec la liberté de la science ; votre liberté n'a d'autres limites que la parole de Dieu lui-même; et votre conscience n'a d'autre juge que son infaillible représentant sur la terre, le vicaire de Jésus-Christ. (*Approbation.*)

La seconde accusation de nos adversaires, c'est que nous avons peur de la vérité, et par conséquent de la science qui en est l'instrument. Avant d'aborder cette objection, constatons d'abord que ce ne sont pas les fortes têtes du parti qui nous l'adressent. Les adversaires les plus intelligents des dogmes chrétiens savent que l'Église trouve dans la science non pas un ennemi, mais un allié précieux. Un philosophe devenu un jour empereur et pouvant ainsi mettre la force au service de ses idées, Julien l'Apostat,

---

(1) Sept leçons de physique générale, par Augustin Cauchy, p. 16.
(2) Const. de Fid. cath. C. IV.

sous prétexte de laisser aux chrétiens plus de loisir pour leurs exercices religieux, leur défendit d'ouvrir des écoles et d'enseigner les sciences et les belles-lettres. Le savant et perfide potentat savait que cet édit serait plus funeste à la foi que les persécutions sanglantes de ses prédécesseurs. Il avait sans doute lu cette belle page écrite, plus d'un siècle auparavant, par un philosophe chrétien, Clément d'Alexandrie : « Comme en agriculture et en médecine, celui-là passe pour le plus expert, qui a étudié un plus grand nombre de sciences utiles à ces deux arts, nous aussi, nous devons regarder comme le plus propre à notre art sublime celui qui fait aboutir toutes choses à la vérité, et tire de la géométrie, de la musique, de la grammaire et de la philosophie elle-même, tout ce qu'elles contiennent d'utile à la défense de la foi [1]. »

Quant à ceux de nos adversaires qui persistent à nous accuser de défiance envers la science, qu'ils me permettent de leur dire : Vous nous méconnaissez et vous méconnaissez la vérité elle-même. Nous défier de la vérité, mais ce serait nous défier de Dieu, la source de toute vérité. Nous professons avec l'Église *que les sciences et les arts, venant de Dieu, le maître des sciences, s'ils sont traités convenablement, doivent de même conduire à Dieu, avec l'aide de sa grâce* [2].

Non, nous n'avons rien à craindre de la véritable science. Savez-vous, Messieurs, ce que nous devons redouter? C'est la demi-science et la demi-vérité. Le mot de Bacon, devenu trivial à force d'être répété, restera toujours un axiome incontesté : un peu de philosophie incline vers l'athéisme, beaucoup élève vers la religion. Longtemps avant Bacon, un des chefs du peuple d'Israël jetait ce cri d'alarme : Sauvez-nous, Seigneur, car les vérités sont diminuées parmi les enfants des hommes [3].

Craignez les vérités diminuées et efforcez-vous, quand vous

---

[1] Topica opera. T. I, C. IX.
[2] Const. de Fid. cath. C. IV.
[3] Salvum me fac, Domine, quoniam diminutæ sunt veritates a filiis hominum. Psalm. XII.

les rencontrez, de leur donner leur épanouissement complet. La vérité ressemble au diamant. Si le diamant offre entre ses faces lumineuses un côté brut, obscur, qui choque les yeux, soyez sûrs qu'il n'est pas complétement dégagé de sa gangue : emparez-vous-en, car c'est toujours un diamant; mais achevez de le polir et bientôt il jettera par toutes les faces des ruissellements de lumière. (*Applaudissements.*)

Ah! je comprends que certains hommes aient peur de la vérité; mais ce n'est pas dans vos rangs qu'on les trouve, c'est dans le camp de la libre-pensée elle-même. Il ne manque pas d'hommes, en effet, qui, tout en rejetant la révélation, arrivent à une grande hauteur intellectuelle. S'ils le doivent à leur seule raison, ou, ce que je crois plus volontiers, à cette révélation qu'ils repoussent, qu'ils blasphèment et qui les illumine encore malgré eux, nous ne discuterons pas cette question pour le moment; mais enfin ils reconnaissent l'existence de Dieu, la spiritualité de l'âme et ses destinées immortelles. Sur ces vérités certaines, mais amoindries, ils se sont bâti une vie honnête, entourée de toutes les jouissances de la terre et couronnée de tous les honneurs du monde. Sur cette base insuffisante, ils ont bâti plus que leur vie terrestre, ils ont fondé leur éternité et ils attendent en paix les récompenses futures de leurs faciles vertus. Mais il arrive parfois qu'en poursuivant des études sincères, la vérité leur apparaît plus complète, plus austère, plus exigeante. Alors ils s'inquiètent et ils luttent contre elle comme Jacob luttait contre l'ange. Si elle devient irrésistible parce qu'elle devient évidente, ils se prennent à lui en vouloir, et, troublés comme Pilate, ils murmurent avec lui : « Après tout, qu'est-ce que la vérité? » Voilà, Messieurs, les hommes qui ont peur de la vérité.

Pour nous, chrétiens, nous ne connaissons pas ces contradictions douloureuses. Sans doute, dans l'ordre naturel, nous avons aussi nos incertitudes et nos doutes, mais ils ne peuvent avoir de retentissements profonds dans l'âme, parce qu'ils ne touchent pas à ses destinées immortelles; nulle découverte ne peut troubler en nous la paisible possession des vérités révélées; loin de là, chaque journée de labeur apporte sa part au trésor de nos

certitudes ; en avançant dans notre carrière terrestre, nous avançons dans la vérité. Quand nous arrivons au second versant de la vie, à ce versant qui s'incline vers la tombe et vers l'éternité, nous voyons plus au large et plus au loin; et quand se lève ce jour solennel, qui n'aura plus de lendemain, on dirait que par delà les horizons de ce monde, par delà ce soleil qui va se coucher pour la dernière fois, un soleil nouveau laisse tomber d'avance de mystérieuses clartés sur nos fronts, et verse dans nos âmes rassérénées une lumière jusque-là inconnue et d'une douceur ineffable. (*Applaudissements.*)

Aimez donc la science, Messieurs, et cultivez-la sans arrière-pensée. Vous serez largement récompensés de vos peines. Ces récompenses sont du reste de divers ordres.

La première, c'est la joie même qui accompagne toute découverte, si mince qu'elle soit. L'intelligence est faite pour la vérité. Amie inconnue de notre âme, nous la poursuivons à la sueur de notre front, à travers mille fatigues; mais quand elle nous apparaît, radieuse et souriante, nous éprouvons je ne sais quel saisissement de joie, quel tressaillement d'allégresse, et volontiers nous nous écrierions avec Archimède : Eureka ! j'ai trouvé !

L'étude des phénomènes de la nature et des lois qui les régissent n'est pas une occupation purement spéculative de l'esprit. Tantôt vous ferez servir les découvertes de la science à la conservation du premier des biens de ce monde, la santé; tantôt vous en tirerez des applications fécondes pour l'agriculture, l'industrie et les arts, et vous apporterez ainsi votre part au progrès matériel. Ce sera votre seconde récompense. Mais ici nous rencontrons encore une accusation de nos adversaires qu'il ne faut pas laisser debout. « Les catholiques, disent-ils, quand ils se mêlent de science, deviennent des savants ascétiques, qui tendent toujours à monter vers le ciel, et ne daignent pas abaisser leurs regards vers la terre. » Il y a dans cette ironie à la fois un compliment et une calomnie. Faisons la part de l'un et de l'autre. La vérité peut être comparée à un rayon de lumière que l'intelligence découvre sur un point de son trajet après des recherches laborieuses et obscures. L'intelligence ne s'arrête pas au point

d'intersection où elle a rencontré le rayon béni. Elle peut le suivre vers le haut ou vers le bas. La plupart des savants de notre temps s'empressent de descendre avec lui vers les régions de la matière, pour y faire quelque découverte fructueuse. Quant au chrétien, sa première pensée, c'est de suivre le bout du rayon qui remonte vers le ciel. Il s'élance donc sur cette ligne lumineuse, et il arrive à la source unique de toute lumière, il arrive à Dieu. Il s'incline devant cette majesté suprême, et s'il lui reste au fond de l'âme un peu de cette poésie que nous raillons aujourd'hui parce que nous l'avons perdue, il répète cet hymne que Képler adressait à Dieu après une de ses magnifiques découvertes : « O toi, qui, par les lumières que tu as répandues sur la nature, élèves nos désirs jusqu'à la divine lumière de ta grâce, afin que nous soyons un jour transportés dans la lumière éternelle de ta gloire, je te rends grâces, Seigneur et Créateur, de toutes les joies que j'ai éprouvées dans les extases où me jette la contemplation de l'œuvre de tes mains (1). » (*Applaudissements.*)

Mais après avoir remercié l'auteur de toute lumière, le savant chrétien suit le rayon vers l'autre pôle. Encouragé par l'Église elle-même, qui vient de déclarer encore qu'*Elle n'ignore ni ne méprise les avantages qui résultent de la culture des arts et des sciences humaines pour la vie de l'homme* (2), il demande à la science tout ce qu'elle peut fournir au bien-être matériel de l'humanité.

Et pourquoi se détournerait-il de ces applications fécondes? « Quoi, Dieu aurait créé la chaleur, la lumière et l'électricité; il les aurait douées de propriétés merveilleuses, et l'homme ne pourrait les rechercher et les utiliser! Il aurait donné à l'homme la royauté de la création terrestre, et l'on ferait de l'homme un roi fainéant et ridicule, qui n'aurait pas le droit de parcourir son domaine, de l'étudier et d'en faire servir les richesses au bien-être public! N'offensons pas Dieu par de vaines défiances : c'est

(1) Astronomia nova.
(2) Const. de Fid. cath. C. IV.

sa Providence qui ouvre aux hommes, au fur et à mesure de leurs besoins, la plénitude de ses dons; c'est elle qui mène un jour Christophe Colomb vers le monde nouveau dont les richesses vont venir au secours de la pauvreté du monde ancien; c'est elle qui, plus tard, révèle à Watt la puissance de la vapeur, et à OErsted, les mystérieuses attractions des courants électriques sur l'aiguille aimantée, rudiment de notre télégraphie; c'est elle qui réserve sans doute à l'humanité des révélations plus merveilleuses encore, dont les savants de nos jours ont déjà comme un secret pressentiment et une lointaine prévision ([1]). »

Enfin, il est une dernière rémunération promise au savant chrétien, et plus digne encore de lui. Il se trame en ce moment une vaste conspiration contre la vérité; je ne parle pas seulement des vérités révélées, mais des vérités qui relèvent de la philosophie spiritualiste. L'école positiviste moderne, que l'on peut considérer comme la dernière expression des doctrines athées et matérialistes de toutes les époques, pose, comme axiome fondamental de la science, une assertion qui ruinerait en effet toute doctrine spiritualiste. « Le naturaliste, dit Virchow, ne connaît que les corps et les propriétés des corps. Tout ce qui est au delà est transcendant, et le naturaliste regarde le transcendantisme comme l'égarement de la raison humaine. » Ce n'est que par une sorte de tolérance que les chefs de l'école positiviste française n'excommunient pas formellement tous les penseurs qui conservent un reste de croyances métaphysiques. A leurs yeux, ce sont des rêveurs qu'ils veulent bien ne pas déranger encore dans leurs inoffensives spéculations! « Nous ne savons rien sur la cause de l'univers et des habitants qu'il renferme, dit Auguste Comte, ce qu'on en raconte ou imagine est idée, conjecture, manière de voir. La philosophie positiviste ne s'occupe ni des commencements, ni de ce qui arrive aux êtres vivants, plantes, animaux, hommes, après leur mort, ou à la consommation des siècles, s'il y a une consommation des siècles; permis à chacun

---

([1]) Discours prononcé à l'Académie de médecine, le 28 mars 1874.

de se figurer cela comme il voudra. Aucun obstacle n'empêche celui qui s'y complaît de rêver sur ce passé et cet avenir (1). »

En partant de pareilles prémisses, le positivisme ne peut manquer de heurter à chaque pas, et sur le terrain de toutes les sciences, physiques et naturelles, les enseignements de la philosophie spiritualiste comme ceux de la révélation. Parcourez les ouvrages de Buchner, de David Strauss, et de leurs disciples; dans la cosmogonie, vous les verrez exclure simplement le Dieu créateur; la matière incréée s'agrége dans la suite des siècles et constitue successivement les étoiles et les planètes; dans la géologie et l'astronomie, on dirait que leur grand souci est de ruiner les indications bibliques par une série de systèmes qui se ruinent à leur tour les uns les autres. Dans les sciences biologiques, on fait apparaître les êtres vivants par le seul jeu des forces physiques et chimiques inhérentes à la matière; un protorganisme se forme et, par des transformations successives, les espèces les plus parfaites apparaissent successivement à la surface du globe. Le roi de la nature lui-même n'est que la plus haute expression actuelle de ces transformations. « D'après ce système, dit Charles Vogt, l'homme n'est plus une créature séparée, il émane du groupe des mammifères les plus rapprochés de lui par l'organisation, des singes; et le créateur personnel, avec son intervention alternative dans les changements progressifs de la création organique, et en particulier dans la production de notre espèce, est congédié. » Les hommes, surgissant ainsi de métamorphoses progressives, ne peuvent plus constituer une seule et unique espèce, sortie d'un premier couple : « la pluralité des espèces, dit encore une fois Vogt, ne ferait plus un doute, si une vieille légende insérée dans les livres de Moïse n'enseignait le contraire. »

Ces rapides considérations suffisent pour établir un fait qui, à lui seul, justifierait la fondation de la Société scientifique de

---

(1) *Phil. posit.* Il ne faut d'ailleurs pas confondre les enseignements de l'école positiviste, qui mène fatalement à l'athéisme et au matérialisme, avec ceux de l'école expérimentale. Le chef de cette dernière école, Claude Bernard, dit expressément, à propos des vérités de l'ordre métaphysique : « Nier ces choses, ce ne serait pas les supprimer, ce serait fermer les yeux et croire que la lumière n'existe pas. »

Bruxelles. Ce fait, le voici. Dans les siècles passés, on a surtout attaqué les dogmes révélés sur le terrain philosophique; aujourd'hui, l'effort de l'incrédulité se reporte sur le terrain des sciences physiques et des sciences naturelles. En travaillant à leur progrès et à leur diffusion, Messieurs, outre la joie de trouver la vérité, et l'honneur de contribuer au bien-être matériel des hommes, vous aurez, comme par surcroît, la gloire de défendre une auguste calomniée, l'Église. (*Applaudissements.*)

Messieurs, après vous avoir entretenus si longtemps des avantages de la science, je devrais bien vous parler de ses écueils; mais le temps me presse, je me borne à vous les signaler rapidement : votre haute raison et surtout votre sens chrétien vous suggéreront les moyens de les éviter.

Le premier danger des sciences physiques et naturelles, c'est l'orgueil, ou du moins la suffisance excessive qu'elles inspirent parfois à ceux qui les cultivent avec une passion exclusive. De nos jours, on fait des découvertes si merveilleuses dans le monde de la matière, qu'elles donnent facilement le vertige; parce qu'ils ont reconnu des lois ignorées et fécondes, parce qu'ils en ont retiré des applications prodigieuses, certains savants se laissent aller à une sorte d'idolâtrie de la nature et d'eux-mêmes. La nature est tout et le savant est son prophète. Parlez-lui du monde invisible et vous verrez qu'il sourira ! Messieurs, prenons-y garde. Dans les temps antiques l'homme, placé en face de la nature et ne voyant qu'elle, se mit à l'adorer; le soleil, la lune, la terre devinrent pour lui des divinités. Nous ne redescendrons pas là, non pas, peut-être, parce que nous avons beaucoup plus de sens que ces ancêtres éloignés, mais parce que nous avons trop d'orgueil, et que notre orgueil s'oppose à ce que nous adorions quoi que ce soit. Mais nous pourrions arriver à accorder aux sciences naturelles une primauté qui ne leur appartient pas dans l'ordre hiérarchique, et à nous élever nous-mêmes sur un trône qui ne nous convient pas.

Mais, Messieurs, à côté de ce danger, il en est un second tout opposé. Au lieu de nous élever dans les exaltations de l'orgueil, l'étude des sciences naturelles, séparée de la philosophie spiritua-

liste, peut nous amener à d'incroyables abaissements. Il n'y a pas longtemps que les panthéistes allemands disaient à l'humanité : « Nous sommes des dieux ! » S'ils s'étaient retournés, ils auraient vu derrière eux d'autres savants, accourant sur le char du progrès, et criant avec Vogt : « Nous sommes des bêtes. » (*Rires et applaudissements.*)

Si l'homme qui s'égare n'avait pas souvent le bonheur d'être inconséquent, à quel abîme de dégradation une telle doctrine ne nous conduirait-elle pas?

Un autre danger peut résulter de l'exclusivisme de nos études. Toute science exclusive est dangereuse. Chaque science a sa méthode et ses procédés propres, et souvent notre raison, à la fois orgueilleuse et bornée, ne sait plus admettre la certitude dans les sciences théologiques, philosophiques et morales, parce qu'elle s'est formée exclusivement à l'apprentissage des certitudes mathématiques ou astronomiques. Placés à un point de vue trop étroit, nous n'apercevons plus l'ensemble des choses, nous marchons dans un sentier encaissé, nous voyons loin, mais nous ne voyons pas large. En cultivant les sciences physiques et naturelles, n'abandonnons pas les hautes spéculations de la philosophie et même de la théologie. Un écrivain qui n'est pas de notre école, Proudhon, a dit avec raison que la théologie est au fond de toutes les questions contemporaines. Reprenons donc les traces de nos véritables ancêtres dans la science, Euler, Newton, Pascal, Leibnitz et tant d'autres, qui faisaient marcher de front l'étude de la philosophie, de la religion et des sciences, et nous contribuerons, dans la mesure de nos forces, à réaliser ce magnifique programme du cardinal Wiseman : « S'il nous était donné de contempler les œuvres de Dieu dans le monde physique et dans le monde moral, non pas, comme nous les voyons maintenant, par lambeaux et par fragments, mais liés ensemble dans le vaste plan de l'harmonie universelle; sans aucun doute, nous verrions la religion, établie par Dieu, entrer dans le plan général, et s'y adapter si complétement, si nécessairement, qu'on ne pourrait l'en retirer, sans que toutes choses fussent aussitôt désorganisées et détruites. La montrer ainsi, pénétrant de son influence l'éco-

nomie et l'organisation de la nature entière, ce serait assurément la démonstration la plus haute et la plus belle de la vérité ([1]). »

Un autre écueil contre lequel je voudrais vous prémunir, c'est le découragement. On aborde souvent la science avec quelque ardeur, parce qu'en la contemplant de loin, on n'aperçoit que le sommet brillant des choses; on ne voit pas les escarpements qu'il faudra gravir à la sueur de son front, et peu à peu, on se rebute, et l'on s'arrête à mi-chemin. Vous ne ferez pas, Messieurs, cet affront à la science chrétienne. Votre phalange est déjà nombreuse et je me flatte que les savants étrangers qui partagent nos croyances nous apporteront le concours de leurs travaux et le prestige de leur nom.

Je ne fais qu'indiquer une autre source du découragement qui atteint quelquefois les croyants. « L'erreur, disent-ils, a trop d'avance sur la vérité, et le mensonge et le faux devancent toujours la science sincère. » Non, Messieurs, l'erreur n'a pas d'avance sur la vérité. Sans doute, l'erreur est contagieuse; elle se répand quelquefois, comme les grandes épidémies, avec une profusion désolante; mais, tôt ou tard, son règne finit, parce qu'elle est stérile. C'est là une des grandes lois de conservation du monde moral, comme du monde physique. Voyez ce qui se passe parmi les êtres vivants : il naît quelquefois des monstres. Leur propagation serait une horreur et une épouvante. Mais Dieu y a pourvu. Il les condamne à la stérilité, et quand ils meurent, ils meurent tout entiers. Dans le monde moral, l'erreur est une monstruosité; elle parviendrait peut-être un jour à étouffer la vérité, si la Providence ne l'avait frappée, elle aussi, de la malédiction de l'infécondité.

Il n'en est pas ainsi de la vérité. Vous le savez, Messieurs, sa fécondité est immortelle. Si la vérité, désertant un jour la terre, se réfugiait dans une seule âme, une âme obscure et ignorée, il ne faudrait pas désespérer de la revoir. Ce germe mystérieux et fécond suffirait pour faire refleurir dans le monde la vérité, la

([1]) Discours sur les rapports entre la science et la religion.

justice et le droit. C'est le grain de froment, enseveli au fond des hypogées égyptiens, et qui, rendu au sol après trois mille ans de sommeil, suffirait à lui seul pour ramener dans nos champs l'abondance des moissons. (*Applaudissements.*)

Je termine, Messieurs. Vous avez cru que vous aviez le droit et le devoir de revendiquer votre place dans les labeurs de la science moderne. En prenant votre rang à côté d'autres sociétés, vous n'éprouvez aucun sentiment d'hostilité; mais vous n'éprouvez non plus aucun sentiment de crainte. Vous pouvez avec le poëte vous rendre ce témoignage : « Je crains Dieu et n'ai point d'autre crainte; je hais l'erreur et n'ai point d'autre haine. » Vous pouviez vous présenter et vous faire accueillir, peut-être, comme société anonyme. (*Sourires.*) Vous avez préféré de dire hautement qui vous êtes : c'est plus noble et c'est surtout plus chrétien. Il y a eu dans l'histoire des époques où l'on pouvait être chrétien par spéculation; aujourd'hui, la vraie spéculation serait de ne l'être pas, ou, du moins, de ne pas le paraître. Vous ne vous êtes pas arrêtés à ce vil calcul. Au milieu du chaos des négations, vous affirmez vos doctrines avec un courage tranquille et fier; vous avez compris que vous n'aviez pas le droit de rougir de la vérité catholique, car, à quelque hauteur que vous puissiez vous élever, elle sera toujours plus grande que vous, puisque cette vérité, c'est Dieu même, *Deus veritas.*

Vous avez livré sans crainte vos doctrines à la contradiction de vos adversaires, et vous avez mille fois raison, Messieurs. Affirmons-le encore une fois : vous n'avez rien à redouter de la vraie science. Chaque fois qu'une vérité paraît dans le monde, mais j'entends une vérité vraie, dégagée de tout alliage de l'erreur, soyez les premiers à l'acclamer, et ne craignez pas qu'elle contredise votre foi. La foi et la science sont deux filles du Ciel, qui, une fois descendues parmi les hommes, finissent toujours par se rencontrer, se reconnaître et s'embrasser. (*Applaudissements prolongés.*)

La séance est levée à 6 heures 15 minutes.

SESSIONS DE 1876.

EXTRAITS DES PROCÈS-VERBAUX.

La Société a tenu ses quatre premières sessions dans les salons du P^ce Eugène de Caraman-Chimay, 10, rue du parchemin, Bruxelles.

La première, le samedi 29 janvier;

La seconde, le mercredi 26 et le jeudi 27 avril;

La troisième, le jeudi 27 juillet;

Et la quatrième, le lundi 23, le mardi 24, le mercredi 25 et le jeudi 26 octobre.

Outre les membres belges, un certain nombre de membres étrangers ont participé à ces réunions. La France en particulier, l'Angleterre et la Hollande nous ont plusieurs fois envoyé des représentants. Au mois d'octobre un certain nombre de personnes étrangères à la Société ont été admises aux Assemblées générales.

Les sections se réunissaient le matin de neuf heures et demie à midi.

Les Assemblées générales se tenaient après-midi de deux heures à cinq.

Le soir du lundi 23 octobre, les membres se sont rendus à la gracieuse invitation de la Société d'Émulation de Bruxelles, qui leur offrait dans son nouveau local un splendide raout.

Un magnifique concert les réunit le mardi soir dans la grande salle du Cercle Catholique, rue des Pierres. Cette fête, due à la généreuse initiative de plusieurs artistes distingués du Conserva-

toire et de la capitale, a été des plus brillantes. On y a vivement applaudi les morceaux exécutés par MM. Dumon, Duheem et Hemelsoet, les chants de M. Goossens, et les chœurs de la section chorale du Cercle Catholique dirigée par M. Schaeken.

Enfin le mercredi soir à six heures ils s'assemblèrent dans ce même local de la rue des Pierres où un banquet avait été préparé par les soins des commissaires. De nombreux toasts y furent portés. On trouvera plus loin, après l'Assemblée générale du mercredi 25 octobre, celui que M. le docteur Lefebvre, président en exercice, porta au Souverain Pontife et au roi des Belges.

SÉANCES DES SECTIONS.

—

Première Section.

—

Samedi 29 janvier 1876. — Il est procédé à l'élection du bureau (voir plus haut).

Le R. P. Carbonnelle présente un travail sur *La chaleur diurne envoyée par le soleil aux divers points des planètes.* MM. Ph. Gilbert et Mansion sont nommés commissaires pour l'examen de ce travail. On le trouvera *in extenso* dans la 2e partie.

M. Ch. Lagasse présente un travail sur *Un moyen rationnel de déterminer la charge permanente à introduire dans le calcul de la résistance des ponts métalliques.* Sont nommés commissaires MM. Victor Krafft, Th. Belpaire et John Ward.

Mercredi 26 avril 1876. — M. L. Cousin donne communication d'une *Note sur une nouvelle plaque de joint pour rails.* Cette note est insérée dans la deuxième partie.

M. Ph. Gilbert présente un travail *Sur certaines conséquences*

paradoxales de la formule électrodynamique d'Ampère. Sont désignés comme commissaires M. De Tilly et le R. P. Delsaulx. Le mémoire de M. Gilbert est publié *in extenso* dans la 2e partie (page 17).

M. A. de Fierlant, membre de la troisième section, présente une *Notice sur une table servant au calcul de la résistance et de la flexibilité des ressorts de suspension et de traction employés dans le matériel roulant des chemins de fer.* Sont désignés comme commissaires MM. John Ward et Fabry.

Jeudi 27 avril 1876. — Le R. P. Carbonnelle propose la discussion de la question suivante : Est-il possible d'admettre en même temps qu'il y a des agents volontaires et que la quantité d'énergie de l'univers reste constante? Sont entendus sur ce sujet le R. P. Carbonnelle, MM. Mansion, Ch. Lagasse et Ghysens.

M. Gilbert fait une remarque sur la démonstration du second principe de la thermodynamique, donnée par M. Sarrau, dans le journal de M. d'Almeida (1872).

M. Sarrau y considère un système isotrope, soumis à une transformation infiniment petite, et lui applique le théorème de M. Clausius sur les mouvements stationnaires. Mais cette formule suppose que la quantité Σmr^2 (m étant la masse d'une molécule du corps et r sa distance à une origine fixe) reste invariable, ce qui n'a plus lieu dans la transformation considérée par M. Sarrau, où le corps change de volume. Par exemple, s'il s'agit d'une sphère de rayon r_1, de masse M, il faut ajouter au second membre de l'équation employée par M. Sarrau le terme

$$\frac{3M}{5}\frac{d^2 r_1^2}{dt^2},$$

et l'on ne voit pas *a priori* de raison pour laquelle ce terme pourrait être négligé.

Jeudi 27 juillet 1876. — Il est donné lecture des deux rapports sur le mémoire de M. Ph. Gilbert présenté à la séance du 26 avril.

Rapport de M. De Tilly.

D'après la formule d'Ampère, l'attraction d'un élément ds de courant galvanique sur un élément ds' a pour valeur

$$(1) \ldots\ldots \quad \frac{ii'\,ds\,ds'}{r^2}\left(\cos\varepsilon - \frac{3}{2}\cos\theta\cos\theta'\right),$$

i et i' étant les intensités des courants; r, la distance des deux éléments; ε, l'angle compris entre leurs directions (dans le sens des courants); θ et θ', les angles que forment respectivement ces directions avec celle de la droite qui joint l'élément ds à l'élément ds'.

Cette formule a donné lieu à des discussions provenant, d'une part, de ce que sa démonstration est basée sur des expériences et des raisonnements qui ne sont pas inattaquables; d'autre part, de ce qu'elle n'est point susceptible de vérification directe; en effet, il n'est pas possible d'isoler deux éléments de courants pour les faire agir l'un sur l'autre.

La seule marche à suivre pour reconnaître l'exactitude ou la fausseté de la formule consiste donc à en déduire, par l'intégration, les actions résultantes qui doivent se produire entre deux courants de longueur finie, afin de donner prise à l'expérience.

Mais, dans toutes les expériences que l'on a faites jusqu'ici relativement à l'action réciproque des courants, on ne détermine ou on ne vérifie guère que le sens de cette action et non sa grandeur, et il paraît presque impossible d'y suppléer directement, c'est-à-dire de déterminer l'intensité de la force motrice, d'après les mouvements observés dans les appareils.

Le seul cas où la mesure de la force motrice résultante ne laisse aucun doute est celui où cette force est nulle, ou bien a un moment nul, c'est-à-dire où aucun mouvement n'a lieu.

On est donc conduit, pour la vérification de la formule (1), à se poser ce problème général :

Trouver, de toutes les manières possibles (ou, si l'on veut, le

plus simplement possible), les formes que doivent affecter deux conducteurs et la manière dont ils doivent être disposés l'un par rapport à l'autre, pour que leur action totale réciproque, estimée d'après l'expression (1) intégrée, soit nulle, ou ait un moment nul.

Si ce problème était résolu d'une manière complète et si alors l'expérience démontrait qu'en effet l'action est nulle pour les formes trouvées, tandis qu'elle devient apparente pour d'autres formes ou d'autres dispositions des conducteurs, il ne pourrait subsister aucun doute sur l'exactitude de la valeur trouvée par Ampère.

On ne rencontre, dans les traités de Physique, que peu d'applications de cette idée. Elles sont, en général, fort simples et peu probantes, parce qu'elles ne sont pas assez intimement liées à la loi qu'il s'agit de vérifier et pourraient s'accorder avec une infinité d'autres lois.

M. Bertrand a fait connaître (*) l'équation de la courbe représentant la forme que doit avoir un conducteur pour que son action totale sur un élément infiniment petit donné, estimée suivant la loi d'Ampère, soit nulle. Cette courbe se compose de deux ovales égales, tangentes entre elles extérieurement en l'un de leurs sommets et normales, en ce même point, à l'élément donné. Mais, par cela seul que l'un des conducteurs est infiniment petit, aucune vérification expérimentale n'est encore possible.

M. Gilbert a repris la question, en se donnant d'avance l'un des conducteurs et déterminant la forme et la position correspondantes de l'autre. Il a été conduit à des problèmes géométriques curieux et parfois assez difficiles : il en est plusieurs que l'auteur a dû se borner à poser, et dont la solution, par une méthode élégante, offrirait un véritable intérêt. Mais je ne me propose pas d'insister sur ce point, dans mon Rapport, et je me borne à signaler, parmi les solutions du problème général obtenues par

(*) *Comptes rendus* de l'Académie des sciences de Paris, 1875, 2d semestre.

notre savant collègue, celle dont la vérification expérimentale se présente le plus naturellement à l'esprit et dont il est le plus facile de se rendre compte sans figure et sans équations, à cause de sa simplicité, bien qu'elle dépende essentiellement de la forme particulière de la loi choisie.

Voici ce résultat, qui me paraît remarquable : un courant rectiligne, indéfini dans un sens, ne saurait produire aucune rotation sur une portion quelconque de conducteur circulaire ayant pour centre l'origine du courant et mobile autour de ce centre.

Il me reste à dire un mot de certaines conséquences de la loi d'Ampère, que l'auteur appelle *paradoxales*. Elles sont relatives aux actions réciproques des différents éléments d'un même courant rectiligne.

Observons d'abord que, lorsque la formule d'Ampère est appliquée aux éléments d'un courant rectiligne, elle devient identique à la formule de l'attraction de Newton, sauf la valeur de la constante et sauf le signe, qui indique une répulsion entre les deux éléments électriques. Tout ce que l'on dira de la répulsion des courants pourra donc se répéter pour l'attraction moléculaire. La réciproque n'est pas absolument vraie, parce que, lorsqu'il s'agit des courants, il faut songer aux moyens de les fermer. L'auteur trouve d'abord que d'après la loi d'Ampère, considérée comme absolue, deux portions contiguës d'un même courant rectiligne exerceraient l'une sur l'autre une répulsion infinie. D'après la loi de Newton aussi, pourvu qu'on la considère comme absolue, deux portions contiguës d'un même fil matériel rectiligne exerceraient l'une sur l'autre une attraction moléculaire infinie.

Jusqu'ici, je suis complétement d'accord avec MM. Neumann et Gilbert, qui disent :

« De même que la loi de Newton renferme une fonction de la distance r qui ne se réduit à $\frac{1}{r^2}$ que pour des valeurs appréciables de r et demeure inconnue pour les valeurs très-petites de cette variable, de même il paraît fort possible qu'il faille entendre la loi d'Ampère dans le même sens » (Neumann).

« Cette conséquence inadmissible (la répulsion infinie) semble bien indiquer, comme l'admet M. Neumann, que la loi élémen-

taire d'Ampère ne doit pas être appliquée à des éléments situés à une distance très-petite l'un de l'autre » (Gilbert).

Notre savant collègue ajoute :

« Mais cette hypothèse ne saurait lever la difficulté suivante... sur un même conducteur rectiligne, indéfini dans les deux sens, deux portions indéfinies, l'une vers la droite, l'autre vers la gauche, et non contiguës, se repousseraient avec une force infinie, en sorte que, pour une intensité donnée du courant, on pourrait toujours lui assigner une longueur telle qu'il en résultât la rupture du conducteur ».

Il me semble que, ici encore, il fallait invoquer l'analogie avec la loi de Newton. D'après cette loi, sur un même fil rectiligne, matériel et homogène, indéfini dans les deux sens, deux portions indéfinies non contiguës s'attirent avec une force infinie et devraient se précipiter l'une sur l'autre si le fil était assez long, en écrasant la partie intermédiaire.

Sans doute je fais abstraction, en raisonnant ainsi, des répulsions produites par cette partie intermédiaire elle-même; je prends la loi de Newton comme absolue. Mais dans l'autre cas aussi, la partie intermédiaire du courant, agissant à des distances infiniment petites, peut donner lieu à des attractions inconnues qui empêchent la séparation des deux tronçons infinis. On peut donc raisonner d'un côté comme de l'autre, et même le raisonnement est plus clair pour l'attraction que pour l'électricité, parce que, dans ce dernier cas, il y a des objections sur lesquelles je reviendrai à l'instant.

La question est donc, dans l'une et dans l'autre hypothèse, de savoir s'il est permis, en physique, de supposer l'existence d'une tige *matérielle*, homogène, rectiligne et *infinie*. Le paradoxe n'est-il pas ici dans les données, plutôt que dans les résultats?

Voici maintenant les objections spéciales au cas du courant électrique :

1° Dans les expériences, on admet aisément que l'on remplace un courant infini par une portion de courant, lorsque l'action totale est nulle, ou finie, et que l'on peut négliger l'action des parties manquantes, à cause de la distance. Encore faudrait-il, à

la rigueur, discuter avec soin chaque cas particulier. Mais, lorsque l'on sait d'avance que l'action totale doit être infinie, on ne peut pas remplacer, en pratique, le courant indéfini par un courant limité. Il y a plus : on ne peut, ce me semble, *ni en pratique, ni en théorie*, négliger l'action du conducteur infini qui est nécessaire pour fermer le courant.

2° Si le conducteur se rompait pour une longueur déterminée du courant, il se romprait à plus forte raison pour une longueur moindre, avec la même pile. Il serait, en effet, facile de démontrer que la diminution de la force de rupture, occasionnée par le raccourcissement, serait compensée, et au delà, par l'augmentation d'intensité provenant de la diminution du circuit. Cela n'est nullement en opposition avec ce que dit notre collègue, mais il peut être bon de présenter l'observation sous cette forme, parce que la réussite de l'expérience, en supposant qu'elle fût possible, tiendrait plutôt à la force de la pile qu'à la longueur du courant. En d'autres termes, tant que l'on n'aura pas réussi à rompre le conducteur par simple augmentation de la force de la pile, on y réussira moins encore par l'allongement du courant.

En résumé, j'estime que les conséquences tirées de la formule d'Ampère ne sont pas absolument *paradoxales* et je voudrais voir disparaître ce mot qui n'est employé, d'ailleurs, que dans le titre du Mémoire. Mais, cette observation à part, je suis d'avis que le travail de notre savant collègue contient des résultats intéressants et importants, de nature à élucider une question obscure et controversée de la physique. En conséquence, j'ai l'honneur de proposer à la Section d'adresser des remercîments à M. Gilbert et de voter l'impression de son Mémoire.

Rapport du P. Delsaulx.

La loi élémentaire des actions électro-dynamiques, telle qu'elle a été formulée par Ampère, repose, comme on le sait, sur une supposition. Cette supposition n'est pas gratuite : elle est appuyée sur l'analogie et a pour elle l'autorité des précédents. Mais enfin,

dans une rigueur de langage un peu excessive, il faut dire que c'est une supposition, un *postulatum.* Ampère admet, en effet, que l'action de deux éléments de courant s'exerce suivant la droite qui les joint, et qu'en cela elle est semblable aux autres actions élémentaires. En partant de cette hypothèse et en s'appuyant sur le double fait, que l'action d'un conducteur fermé sur un élément de courant est normale à l'élément, et que celle d'un solénoïde fermé sur un conducteur également fermé est nulle, il est possible d'établir d'une manière tout à fait rigoureuse la loi adoptée par Ampère, ainsi que M. Bertrand l'a fait voir (*). Par la méthode dont je parle, on fait disparaître de la démonstration donnée par Ampère des restrictions et un double emploi que le célèbre physicien, préoccupé probablement des obstacles qu'il avait à surmonter, n'a pas songé à éviter. S'il est vrai que l'action de deux éléments de courant s'exerce réellement suivant la droite qui les joint, il faut conclure de cette analyse que la formule d'Ampère, dont M. Gilbert expose dans son mémoire un certain nombre de conséquences très-remarquables, est la seule qui ressorte des faits, et par conséquent la seule qui soit légitime. Mais le créateur de la théorie électro-dynamique n'ignorait pas que, dans la supposition contraire, il existe une infinité d'autres lois élémentaires rendant raison des phénomènes observés tout aussi bien que la loi ampérienne, et par suite pouvant servir de base à la théorie des faits de l'électricité en mouvement. Cette vérité a été mise dans tout son jour par plusieurs géomètres distingués.

Les savants que la simplicité de l'hypothèse d'Ampère n'émeut pas, ont donc à faire un choix bien difficile, d'autant plus difficile que presque toutes ces lois diverses donnent les mêmes résultats que celle d'Ampère, dans la limite des faits observables, quand le conducteur attirant est fermé, d'autre part, cette fermeture du circuit attirant est, comme on sait, une condition indispensable des expériences. Dans les déterminations

---

(*) *Journal de Physique* publié par M. d'Almeida, t. III, p. 297.

expérimentales, au lieu d'estimer exclusivement, ainsi qu'on l'a fait jusqu'ici, la direction des actions électro-dynamiques, ou de se contenter de réaliser des phénomènes d'équilibre, on pourrait, à la vérité, s'attacher davantage à la mesure des intensités; les données de l'expérience en acquerraient plus de fécondité. Malheureusement les obstacles pratiques ont paralysé jusqu'à présent tous les efforts de ceux qui ont cherché à s'avancer dans cette voie. En cet état de choses, le mieux que l'on puisse faire pour élucider la question, est de mettre en lumière, s'il y a lieu, les conséquences paradoxales des diverses lois élémentaires, comme M. Bertrand a essayé de le faire dernièrement à l'endroit de la loi proposée par M. Helmholtz, et de soumettre à l'analyse l'action que les courants indéfinis sont capables d'exercer, dans les différentes hypothèses, sur des conducteurs donnés. La propriété qui nous permet, dans les lignes télégraphiques, de supprimer le fil de retour, semble se prêter fort bien à la vérification expérimentale de ces conclusions théoriques. Les conséquences physiques du mémoire de M. Gilbert se rattachent évidemment à cet ordre d'idées.

Notre savant confrère, admettant la loi d'Ampère, étudie d'une manière générale l'action réciproque de deux conducteurs rectilignes et parallèles; il recherche ensuite, dans quelques cas, la figure du conducteur dont un arc quelconque satisfait à une condition donnée. Les développements analytiques, qu'il poursuit avec beaucoup d'habileté, l'amènent à des corollaires très-curieux. M. Gilbert trouve, par exemple, que « l'action longitu- » dinale d'un courant indéfini, sur un courant parallèle qui » s'étend indéfiniment en sens contraire, est infinie; » que « deux portions contiguës d'un même courant rectiligne exercent » l'une sur l'autre une répulsion également infinie; » que « sur » un même conducteur rectiligne indéfini dans les deux sens, » deux portions indéfinies, l'une vers la droite, l'autre vers la » gauche, et non contiguës, se repoussent avec une force infinie; » qu'un courant rectiligne indéfini dans un sens ne saurait » produire aucune rotation sur une portion quelconque de con- » ducteur circulaire, ayant pour centre l'origine du courant et

» mobile autour de ce centre. » Cette dernière propriété, qui est susceptible de la vérification expérimentale dont je parlais tout à l'heure, est certainement fort remarquable ; si elle était sanctionnée par l'expérience, elle pourrait peut-être servir à renforcer considérablement la probabilité de l'hypothèse fondamentale d'Ampère. Les trois premiers corollaires exigeant, dans certains cas que l'auteur fait connaître, des déploiements infinis d'énergie, sont aussi très-dignes de remarque. Il m'est impossible toutefois d'y voir le côté paradoxal que notre confrère semble y trouver. Votre premier rapporteur l'a déjà insinué : dans une question de la nature de celle-ci, il faut, en ce qui regarde les applications physiques, tenir compte de la pile ainsi que des relations de l'intensité du courant avec les conducteurs. L'expression générale de l'intensité d'un courant est donnée par la formule $\frac{A}{R+r}$, A étant la force électro-motrice de la pile, R la longueur réduite du conducteur interpolaire et r, celle de l'ensemble des colonnes liquides renfermées dans les couples. Si dans l'égalité mentionnée par M. Gilbert,

$$X = ii'l.\frac{x''-x_1}{x''-x_2}\cdot\frac{x'-x_2}{x'-x_1},$$

dans laquelle les intensités des courants, les longueurs et la distance des conducteurs entrent comme éléments, on remplace les intensités i et i' par leurs valeurs en fonction des longueurs des conducteurs, on voit immédiatement qu'au lieu de tendre vers l'infini quand les conducteurs s'allongent indéfiniment, le second membre tend au contraire vers zéro. Pour obtenir l'infini comme limite, il faut supposer que les forces électro-motrices des piles croissent indéfiniment avec les conducteurs, et cela suivant un mode de croissance tout spécial. Cette remarque, qui est aussi applicable, si je ne me trompe, à la formule (6), me paraît enlever tout caractère paradoxal aux conclusions du mémoire. Pour ce qui est de la répulsion infinie que deux portions contiguës d'un même courant rectiligne exerceraient l'une sur l'autre, M. Gilbert admettant lui-même la légitimité de l'observation de M. Neumann, il est inutile d'insister sur ce point.

Je l'avouerai en finissant ce rapport, la critique que je viens de faire des conclusions du travail de M. Gilbert, tombe beaucoup plus sur le titre du travail que sur le travail même. La forme dubitative employée constamment par l'auteur durant tout le cours de ses recherches est irréprochable. Je m'associe donc au désir exprimé par M. De Tilly, de voir l'auteur du mémoire introduire une modification dans le titre. Le travail de M. Gilbert est des plus intéressants; il renferme des résultats nouveaux et importants; l'analyse, comme on devait s'y attendre, est facile et élégante. Je ne doute pas que la section ne vote l'impression de ce travail dans le premier volume des *Annales;* j'ai l'honneur de le lui proposer. Je lui propose également d'adresser des remercîments à M. Gilbert.

Conformément aux conclusions des deux rapporteurs la section propose d'imprimer le mémoire en supprimant dans le titre le mot *paradoxales.*

La section s'occupe du choix des questions à proposer pour la prochaine session annuelle. Elle admet deux questions qui seront soumises au conseil.

Les deux premières sections se réunissent en une seule pour entendre la lecture d'un mémoire de physique mathématique présenté par le R. P. Carbonnelle et M. Ghysens, *sur l'action mécanique de la lumière.* Sont désignés comme commissaires MM. Ph. Gilbert et le R. P. Delsaulx. Ce mémoire est inséré plus loin dans la 2me partie, page 59.

Lundi 23 octobre 1876. — M. John Ward présente le rapport sur la notice de M. de Fierlant relative au calcul de la résistance et de la flexibilité des ressorts (voir plus haut, séance du 26 avril). M. Fabry, second commissaire, se rallie au rapport de M. Ward.

Conformément aux conclusions des commissaires, la section décide de proposer au conseil l'impression de cette notice (voir plus loin, 2me partie).

M. Ph. Gilbert présente le rapport sur le mémoire du R. P. Carbonnelle relatif à la *chaleur diurne envoyée par le soleil aux*

divers points des planètes. Conformément à ses conclusions, la section proposera l'impression du mémoire.

La section prépare la discussion de la question suivante : l'enseignement des sciences, et particulièrement des mathématiques dans les études moyennes. Sont entendus MM. Ph. Gilbert, De Tilly, R. P. Perry, Cte L. de Maupeou, R. P. Carbonnelle, L. Cousin, Jos. Carnoy, Jacmart et De Beys.

Mardi 24 octobre 1876. — M. Ph. Gilbert présente une collection d'ouvrages sur l'Éthiopie, offerte par l'auteur, M. Antoine d'Abbadie, membre de la Société, et donne lecture d'un rapport sur ces ouvrages.

La section vote des remercîments à M. d'Abbadie.

M. John Ward présente une notice sur un chemin de fer à voie étroite qu'il a construit récemment en Hesbaye. M. Ch. Lagasse est désigné comme commissaire.

Mercredi 25 octobre 1876. — M. Ph. Gilbert présente une note de M. le Dr E. Heis sur la parole attribuée à Galilée : *E pur si muove;* conformément à ses conclusions, la section décide de proposer au conseil l'impression de cette note.

M. Gilbert fait un rapport verbal sur le mémoire de MM. Carbonnelle et Ghysens relatif à *l'action mécanique de la lumière.*

Une discussion s'engage à ce sujet : MM. Gilbert, Carbonnelle, Ghysens et de Meaupeou y prennent part. Conformément aux conclusions du rapport, la section proposera l'impression du mémoire.

La section, désirant que le bureau qui a organisé le travail de la première année reste encore en fonctions, décide qu'elle ne fera pas, pour cette fois, d'élection nouvelle. Elle est d'avis toutefois de changer chaque année le président et les vice-présidents; les secrétaires seuls pourraient rester en fonctions.

Jeudi 26 octobre 1876. — M. Ch. Lagasse présente le rapport sur la notice de M. John Ward concernant un chemin de fer à voie étroite qu'il a construit récemment en Hesbaye.

Rapport de M. Ch. Lagasse,

INGÉNIEUR DES PONTS ET CHAUSSÉES.

Dans son travail intitulé : *Le Réseau du chemin de fer agricole d'Embresin,* M. l'ingénieur Ward s'occupe d'abord des chemins de fer à voie étroite, considérés au point de vue général de leur utilité dans les diverses parties du globe.

Il fait, en particulier, la monographie du chemin de fer agricole de Flavy-le-Martel, près Ternier en France.

Il rapporte qu'avec M. Bernard, ingénieur en chef de la Compagnie des Bassins Houillers, et grâce à l'initiative intelligente de M. Zaman, l'un des grands industriels de notre pays, il a entrepris et mené à bonne fin la construction d'un chemin de fer agricole dans des conditions de dépense tout à fait exceptionnelles, puisque le coût kilométrique ne s'élève qu'à 25,000 francs.

Peut-être y aurait-il des objections à soulever au sujet de la façon un peu absolue dont M. Ward envisage le *transbordement,* principal obstacle qui s'oppose à l'établissement des chemins de fer à voie étroite, spécialement dans notre pays sillonné par un réseau serré de voies larges.

Quoi qu'il en soit, on ne peut nier l'importance et l'avenir des chemins de fer agricoles à voie étroite, en présence du chiffre cité par M. Ward, et surtout en présence des calculs qu'il développe à la fin de son travail, pour rechercher le capital nécessaire à la construction et à l'exploitation d'une ligne de 15 kilomètres de longueur et de $0^m,75$ d'écartement de voie, dans une région de la Belgique analogue au Brabant.

La Société scientifique, dans une de ses dernières Assemblées générales, a formulé des vœux en faveur de l'enseignement agricole, voulant ainsi contribuer, pour sa part, à rendre à notre agriculture la place qui lui revient légitimement.

On l'a dit dans un travail remarquable lu devant la Société : « l'agriculture a besoin de science [1]. » On pourrait commenter

[1] Lecture faite par M. Léon t'Serstevens, ancien membre de la Chambre des représentants.

cette parole, en ajoutant : l'agriculture manque de moyens de transport économiques et rapides; elle a besoin de chemins de fer peu coûteux, mis à sa portée jusque dans les campagnes les plus retirées.

A ce point de vue capital, les études théoriques et pratiques de M. l'ingénieur Ward me paraissent mériter l'attention.

Je suis d'avis, en conséquence, qu'il y a lieu d'insérer son travail dans les Annales de la Société scientifique.

Conformément à ces conclusions, la section décide de proposer au conseil l'impression de la notice (voir deuxième partie).

Les trois commissaires nommés dans la séance du 29 janvier pour examiner un travail de M. Ch. Lagasse sur *un moyen rationnel de déterminer la charge permanente à introduire dans le calcul de la résistance des ponts métalliques*, sont d'accord pour reconnaître le mérite de ce travail.

Mais M. Lagasse, considérant que, depuis l'époque (1870) où son mémoire a été écrit, une méthode ayant quelque analogie avec la sienne a été donnée publiquement dans un cours professé à l'école du génie civil de Gand, a préféré le retirer.

La section entend M. Mansion sur le sujet déjà traité dans les séances du 23 octobre : l'enseignement des sciences et particulièrement des mathématiques dans les études moyennes.

Un résumé de cette communication est publié plus loin à la suite de la discussion qui a eu lieu dans l'Assemblée générale du lundi 23 octobre.

Sur la proposition de M. De Beys, la section prend les résolutions suivantes, conformes aux idées émises dans son sein, notamment par MM. Gilbert et Mansion.

La section émet le vœu de voir :

1° Réduire le programme des mathématiques en sixième, en cinquième et en quatrième aux exercices pratiques de l'arithmétique et de la géométrie ;

2° Enseigner l'arithmétique théorique, l'algèbre et la géométrie en troisième, en seconde et en rhétorique; l'algèbre devrait être mise en relation intime avec l'arithmétique et considérable-

ment réduite ; la géométrie devrait être réduite à ses propositions essentielles, qui conduisent à la mesure des corps.

Dans la pensée de la section, ces vœux ne se rapportent pas aux études des élèves qui se destinent aux carrières scientifiques. Il faudrait pour ceux-ci créer une classe de mathématiques spéciales.

La section proposera à l'Assemblée générale de formuler la déclaration suivante :

La Société scientifique juge qu'il serait opportun :

1° De développer l'enseignement normal des mathématiques;

2° De créer un conseil de perfectionnement de l'enseignement moyen.

Seconde Section.

—

Samedi 29 janvier 1876. — Il est procédé à la formation du bureau (voir plus haut).

M. Massalski fait une communication sur l'emploi de la machine de Holz pour charger les batteries électriques.

M. De Heen parle de ses recherches sur une relation qui existerait entre la température *absolue* de fusion des métaux et leur coefficient de dilatation. En général, dit-il, les métaux les plus fusibles sont aussi les plus dilatables; j'ai cherché à trouver une relation entre le coefficient de dilatation et la température de fusion. J'ai compté les températures à partir du zéro absolu fixé à —273° centigrades par la thermodynamique.

Après avoir admis et abandonné plusieurs hypothèses, je remarquai que plusieurs produits du coefficient de dilatation par la température absolue de fusion étaient identiques.

Je remarquai en outre que, dans ce cas, les corps appartenaient à un même groupe chimique, ou du moins à des groupes voisins, que les produits diminuaient à mesure que les groupes se rapprochaient des métalloïdes, et que la différence entre deux produits constants consécutifs était aussi une quantité constante.

Cette remarque permet de trouver avec un grand degré de

probabilité les températures de fusion des métaux qui n'ont pas encore été déterminées directement.

En appliquant cette méthode on trouve, par exemple, pour température de fusion du carbone, 11000° centigrades. J'ai voulu seulement démontrer, en opérant sur le diamant, l'existence *probable* d'une loi de la nature.

J'ai entrepris des expériences : 1° pour m'assurer si les coefficients de dilatation ont été déterminés à l'aide de corps parfaitement purs ; 2° pour vérifier les températures de fusion dont quelques-unes sont incertaines.

La section entend M. Fr. Dewalque sur une méthode calorimétrique de dosage du manganèse dans les minerais de fer.

M. L. Henry (Louvain) fait deux communications, l'une sur les produits d'addition de l'acide hypochloreux aux composés non saturés; l'autre sur la préparation des iodures des alcools non saturés.

Mercredi 26 avril 1876. — M. L. Henry (Louvain) entretient la section :

1° De la dissociation de l'iodure de phosphonium;

2° Des produits d'addition de l'acide hypochloreux;

3° De l'action de l'acide sulfurique sur les acides alcools.

A la demande d'un membre, M. Henry fournit quelques détails sur la constitution de l'acide salicylique, et sur un mode de fabrication ainsi que sur la formule et l'action physiologique du chloral.

M. Marlin parle de l'insuccès de l'éclairage oxhydrique de M. Tessié du Motay.

Ce système, basé sur la haute température produite par une flamme d'hydrogène carboné et d'oxygène, température qui porte au blanc éblouissant les particules de carbone mises en liberté avant leur combustion, a échoué par suite de l'impossibilité où l'on s'est trouvé de produire un gaz d'une richesse constante en carbone : la carburation par les essences hydrocarburées donne un gaz de richesse rapidement variable, et les proportions d'oxygène sont alors, tantôt trop fortes — ce qui donne une flamme bleue non éclairante — tantôt trop faibles, ce qui donne une flamme

rougeâtre et fumeuse. A ce grave inconvénient s'ajoute celui des doubles canalisations, qui sont à la fois une gêne et une source de dangers, à cause des fuites simultanées qui peuvent s'y produire par une foule de causes, et des mélanges explosifs qui peuvent en résulter. Enfin, le coût de l'oxygène, loin d'être aussi réduit que l'espérait l'inventeur, a atteint jusque 50 francs le mètre cube, à cause, notamment, de la rapide usure des cornues en fonte dans lesquelles se traitait le manganate de soude : la vapeur d'eau les brûlait avec une extrême rapidité. Ces diverses causes ont amené le prompt abandon du système Tessié du Motay, malgré les hauts patronages qu'il avait reçus, et un rapport officiel de la ville de Paris en a proclamé l'inapplicabilité. L'usine qui avait été faite à Molenbeek-St-Jean pour l'application de ce procédé a occasionné la ruine de ceux qui l'avaient construite.

Jeudi 27 avril 1876. — M. Marlin fait la communication suivante sur l'emploi des jets de vapeur comme moyen d'aspiration ou de refoulement des liquides ou des gaz.

Aux injecteurs Giffard et autres analogues pour l'alimentation des chaudières à vapeur, et aux expirateurs et ventilateurs Koerting, dont les emplois sont bien connus, j'ai eu l'occasion d'ajouter quelques applications des jets de vapeur employés comme moyen d'aspiration et de refoulement. Ainsi, pour élever des quantités d'eau considérables à une certaine hauteur, lorsqu'on ne dispose que de chaudières à vapeur sans machine, j'ai construit et appliqué avantageusement des appareils formés de simples pièces de raccord pour tubes à gaz, et dans lesquels un jet de vapeur est lancé par un étranglement enveloppé d'une colonne étanche qui relie le réservoir où se trouve l'eau à celui dans lequel on veut la déverser. L'eau est élevée avec une grande rapidité à la hauteur qui correspond à la tension de la vapeur employée et, si cette eau doit être chauffée, la dépense de combustible correspond exactement à l'effet utile produit, aussi l'appareil est l'un des plus économiques que l'on puisse employer. Si l'eau doit être employée froide, on perd toute la chaleur qu'elle conserve après son élévation; mais, pour certains cas donnés, il

est plus avantageux de faire cette dépense de combustible que d'installer des appareils dispendieux.

J'ai appliqué également les jets de vapeur, longtemps avant l'apparition des aspirateurs Kœrting, à aspirer les gaz résultant de la calcination des os et mélangés aux produits de la combustion, pour les fouler dans un condenseur à coke et y recueillir les sels ammoniacaux. Je crois que l'application de ce procédé rendrait de grands services aux fabriques de noir animal, en supprimant les dégagements infects qui en rendent le voisinage si désagréable, et en leur permettant de recueillir d'une façon très-complète les produits ammoniacaux qui sont, en grande partie, perdus actuellement.

J'ai aussi appliqué les jets de vapeur à la distillation des hydrocarbures lourds. Le vide qu'ils produisent dans l'appareil distillatoire permet de distiller les hydrocarbures à une température beaucoup plus basse que lorsqu'ils sont abandonnés à la pression atmosphérique.

On sait que les aspirateurs à jets de vapeur ont été installés à bord de grands steamers comme pompes de sauvetage, et que leur puissance de vidange est incomparablement plus forte que celle de tous les engins mécaniques.

J'ai vu les jets de vapeur appliqués aux États-Unis comme moyen de ventilation, pour insuffler l'air dans des foyers où l'on brûle l'anthracite. Là, la vapeur agit en outre chimiquement pour allonger la flamme, en se décomposant au contact du combustible en ignition. Une autre application des jets de vapeur a été faite, aux États-Unis, par M. Smith, qui les emploie à produire le vide dans des cylindres en caoutchouc placés sous les voitures de chemins de fer. Les cylindres s'aplatissent grâce au vide produit, entraînent des tringles qui commandent des freins puissants et arrêtent ainsi le train avec une grande efficacité.

Enfin les élévateurs d'eau par jets de vapeur pourraient fournir un excellent moyen d'expérimentation pour la vérification de l'équivalent mécanique de la chaleur. Employés à élever une colonne d'eau à une hauteur connue et dans des conduits dont le frottement serait exactement évalué, ils permettraient, par la

comparaison des quantités de chaleur fournies par la vapeur et conservées par l'eau après son élévation, de connaître avec beaucoup d'exactitude la quantité de chaleur absorbée par le travail d'élévation.

M. Fr. Dewalque expose les essais qu'il a faits pour enlever les taches du verre à vitre. Il est parvenu à faire disparaître ces taches en plongeant les feuilles de verre dans des lessives caustiques bouillantes, d'autant plus concentrées que les taches étaient plus invéterées.

M. Marlin décrit une nouvelle application du chauffage par le gaz.

Les flammes de gaz employées au chauffage des appartements par simple rayonnement, sont peu économiques, leur pouvoir rayonnant n'étant pas proportionné à leur coût.

D'autre part, la combustion du gaz mélangé d'air dans des brûleurs Bunsen donne bien une forte chaleur, mais cette flamme, incolore, ne rayonne pas et ne peut être utilisée que pour le chauffage direct des objets de laboratoire et autres. Afin de pouvoir appliquer les brûleurs Bunsen au chauffage des appartements, j'ai construit des foyers où la flamme du gaz mélangé d'air est appliquée à chauffer directement une tôle verticale, qui possède un grand pouvoir rayonnant et envoie dans le milieu à chauffer la chaleur qu'elle a empruntée aux becs Bunsen.

La chaleur des flammes qui échappe à la première tôle est absorbée, au moyen de chicanes, dans une autre partie de l'appareil, de sorte que l'on arrive à un chauffage à peu près aussi économique qu'avec la houille, mais avec l'avantage en plus de l'instantanéité, de la propreté et de la faculté de le modérer à son gré à l'aide d'un robinet. En appliquant à ces poêles à gaz le régulateur de température Bunsen, on peut donner à des appartements, des serres, des salles d'hôpitaux, etc., des températures absolument constantes, la combustion du gaz se réglant d'elle-même d'après la température du milieu où se trouve l'appareil de chauffage.

Jeudi 29 juillet 1876. — M. Theunis décrit un appareil simple pour produire le vide dans les laboratoires.

Cet appareil est basé sur la grande solubilité du gaz ammoniac dans l'eau. On peut l'employer avantageusement dans une opération faite fréquemment au laboratoire, la distillation dans le vide; dans le cas où la machine pneumatique manque, il peut parfois la remplacer.

Il se compose de deux ballons résistants d'environ trois litres de capacité chacun; le premier est placé dans une position renversée, sur un support à hauteur convenable, pour être mis en communication avec l'autre. Celui-ci est mis en rapport à l'aide d'un dispositif à deux robinets : 1° avec la cloche où l'on veut produire le vide; 2° avec un tube plongeant dans un réservoir à mercure pour indiquer le degré de raréfaction.

Pour faire fonctionner l'appareil décrit, on procède d'ailleurs comme suit :

Le premier ballon est rempli de gaz ammoniac fourni par l'ammoniaque du commerce; on le met alors en communication avec le second ballon, qu'on a préalablement rempli d'eau. L'eau monte et vient frapper d'une manière continue le fond du premier. Le tube de jonction descend jusqu'à un centimètre environ du fond des deux ballons; et dans le premier, il est légèrement effilé à son extrémité; le vide se fait alors progressivement dans le second et dans la cloche. Le degré de raréfaction dépend évidemment du rapport entre les capacités du second ballon et de la cloche. J'ai pu obtenir avec une cloche de capacité un peu moindre que celle du ballon une pression de 45 centimètres. Pour arriver à ce résultat, il faut nécessairement des bouchons en caoutchouc fermant hermétiquement, et des joints en caoutchouc solidement fixés sur les tubes en verre. J'ai répété l'opération en fermant les deux robinets et en remplissant le premier ballon de gaz, et j'ai obtenu ainsi un vide aussi complet qu'avec la machine pneumatique.

J'ai employé cet appareil pour une distillation dans le vide, et j'ai pu ainsi abaisser à 128° le point d'ébullition de l'essence de térébenthine qui, sous la pression atmosphérique, ne bout qu'à 161°.

On peut utiliser le même appareil pour produire le vide à l'aide

de l'acide carbonique. Dans ce cas, le premier ballon est rempli de ce gaz, et le second de potasse caustique en solution concentrée.

M. de Heen donne la description d'une nouvelle machine à vapeur qu'il appelle *la poulie automotrice.*

M. E. Dallemagne compare les différents fours à puddler employés dans l'industrie.

La seconde section se réunit à la première pour entendre la lecture d'un mémoire de physique mathématique sur l'action mécanique de la lumière (voir plus haut, première section).

Lundi 23 octobre 1876. — Il est donné lecture d'une lettre de M. L. Henry (Louvain) qui ne peut assister à la séance. M. Henry exprime le désir de ne plus être porté à la présidence pour l'année suivante, et annonce l'intention de faire demain une communication.

M. Fr. Dewalque entretient la section des essais de fabrication du zinc au haut fourneau. Après avoir cité les travaux de MM. Muller et Lencancher, entrepris à Gladbach sans succès pratique, il parle de ceux que M. Ad. Muller fit en 1862 et 1863 à Jemeppe, près de Liége. Cet ingénieur infatigable ne recula point devant les frais d'essais opérés sur une large échelle avec des appareils chaque jour perfectionnés, et il eut la persévérance de continuer ces travaux ingrats aussi longtemps qu'il conserva le moindre espoir de réussir.

M. Dewalque, qui suivit de très-près ces intéressantes recherches, fournit tous les détails relatifs à la disposition des appareils et à la marche des opérations. Le minerai grillé, chauffé, était jeté avec du coke également chauffé, dans le creuset d'un demi-haut fourneau brisé, dont la cuve était remplie de charbon de bois porté au rouge. De l'air lancé par une soufflerie (sous une pression de 25 à 30 cent. de mercure) brûlait le coke, le zinc était volatilisé, les gangues se fondaient en scories, et la vapeur de zinc et le gaz traversaient la colonne de charbon de bois, où l'acide carbonique devait être complétement réduit en oxyde de carbone pour éviter la réoxydation partielle du zinc en oxyde de

zinc. Pour arriver à ce but, une très-haute température était nécessaire, et c'était pour y arriver que la pression du vent avait été portée si haut; malheureusement, à cette haute température, les meilleurs produits réfractaires se fondaient, le creuset se déformait et l'allure était dérangée en même temps que la température baissait. Avec cette température plus basse, la proportion de zinc liquide diminuait rapidement au condenseur, et on finissait même par ne plus obtenir que du zinc gris formé par des globules de zinc métallique recouvert de petites taches d'oxyde.

La question théorique de la production du zinc au haut fourneau est bien résolue affirmativement, mais la question pratique est insoluble tant que l'on n'aura pas des produits réfractaires permettant de donner des températures beaucoup plus considérables, seul moyen d'avoir une atmosphère complétement dépourvue de gaz acide carbonique.

Ce procédé impraticable quand on veut obtenir du zinc condensé liquide, ne l'est pas moins quand on veut l'utiliser pour obtenir, de minerais pauvres, des produits riches zincifères (oxydes de zinc gris); la grande quantité de combustible absorbée par la fusion des gangues serait la cause principale des frais considérables que cette application entraînerait.

M. Dewalque, dans le cours de ces expériences, a fait une observation qu'il croit intéressante : l'eau est décomposée par le zinc à froid. Les poussières ténues de zinc et le zinc recouvert partiellement d'oxyde, retenus par l'eau qui avait servi à la condensation des dernières fumées venant des condenseurs à zinc, étaient recueillis dans de grands bassins où ils se déposaient à la longue. On pouvait observer à la surface de ces bassins de grosses bulles d'hydrogène qui ne pouvaient provenir que de la décomposition de l'eau à froid par le zinc fortement divisé.

Une discussion s'engage entre les membres de la section sur divers points de ces expériences.

M. De Preter entretient ensuite la section d'expériences qu'il a faites sur l'emploi direct de la vapeur pour l'élévation des liquides au moyen d'une disposition qu'il a décrite dans une séance

précédente. La pression de la vapeur étant de 2 atmosphères, l'aspirateur étant à 20 centimètres de la surface de l'eau, enfin la colonne de refoulement ayant 5 mètres de hauteur verticale et 5 centimètres de diamètre, le débit s'est élevé à 1 litre par seconde. Le débit était extrêmement faible vu l'imperfection du système employé. Il existe des appareils basés sur le même principe et qui fournissent un débit autrement important. Aussi M. De Preter croit qu'on ne doit employer cette disposition que si l'on a en vue de produire un travail momentané et avec des frais d'appareil à peu près nuls, et surtout dans le cas où le liquide à élever doit être chauffé. Encore faut-il que la quantité d'eau à élever par seconde ne doive pas être considérable. Dans les autres cas on peut recourir avec avantage aux appareils de M. Koerting.

Mardi 24 octobre 1876. — M. L. Henry (Louvain) entretient la section de la constitution du *diallyle;* il remettra d'ailleurs une note sur cette intéressante question.

M. L. Henry expose ensuite une méthode, qui sans donner un résultat exact, peut fournir une idée du poids de la molécule d'hydrogène. Cette méthode est basée sur le grand pouvoir colorant de la fuchsine. Ainsi gr. 0,0007 de fuchsine dissous dans 1 litre d'alcool le colorent encore sensiblement. C'est ce qu'on peut voir parfaitement en introduisant quelques gouttes de cette solution dans un tube en verre, très-étroit. On admet généralement qu'un centimètre cube de liquide est l'équivalent de 35 gouttes. Par conséquent, une goutte de la solution indiquée renfermera une quantité de fuchsine égale à gr. 0,000.000.02. Si l'on suppose que cette quantité représente 1 molécule de fuchsine dont le poids moléculaire est 337.5 (celui de l'élément d'hydrogène étant 1), on arrivera à trouver pour le poids de l'atome d'hydrogène, le nombre gr. 0,000.000.059. Dans un gramme d'hydrogène on devrait donc admettre 17 milliards d'atomes. On comprend aisément qu'on est encore bien loin du chiffre exact, car rien n'autorise à supposer l'existence d'une seule molécule de fuchsine dans la goutte de solution qui sert de point de départ à ce calcul.

M. de Heen annonce à la section qu'il recherche actuellement quelles relations pourraient exister entre les températures d'ébullition des substances chimiques et leurs coefficients de dilatation. Diverses expériences l'autorisent à établir provisoirement la loi suivante :

Pour des corps chimiques de formules semblables, si on multiplie leurs températures *absolues* d'ébullition par leurs coefficients de dilatation, on obtient un nombre constant.

Jeudi 26 octobre 1876. — M. l'abbé De Lorge fait part à la section de ses recherches au sujet de l'incubation des œufs. Il donne la description de l'appareil incubateur qu'il emploie et d'un régulateur de chaleur imaginé par lui pour conserver dans l'appareil une température constante.

Troisième Section.

—

Samedi 29 janvier 1876. — Il est procédé à la formation du bureau (voir plus haut).

Une conversation s'engage sur les meilleurs moyens d'alimenter les travaux de la section pendant l'année.

Mercredi 26 avril 1876. — M. de Fierlant donne lecture d'une *Note sur la géographie de la République Sud-Africaine ou du Transvaal.*

M. l'abbé Deticrre est désigné comme commissaire.

M. Delgeur parle sur les connaissances cosmographiques des anciens Grecs. Il complétera cette communication à une prochaine séance.

Jeudi 27 avril 1876. — M. Delgeur fait une communication sur les travaux du dernier Congrès géographique de Paris, auquel il a assisté comme délégué de la Belgique.

M. l'abbé Lecomte présente des observations sur les allégations inexactes que l'on rencontre dans les catalogues de certains musées d'histoire naturelle.

Jeudi 27 juillet 1876. — M. l'abbé Lecomte donne lecture d'un travail sur l'*Évolution de l'appareil à sonnettes du crotale, d'après Darwin.*

Le R. P. Bellynck est désigné comme commissaire.

Ce travail est inséré dans la 2me partie des *Annales.* (Voir page 95.)

M. le chanoine Delvigne présente le prospectus de *L'Orient latin,* et donne quelques détails sur cette publication.

Le R. P. Renard présente la notice suivante *Sur la présence de la tourmaline dans quelques roches belges :*

Les recherches que j'ai faites avec M. de la Vallée-Poussin sur les roches feldspathiques et amphiboliques de notre pays, ont amené la découverte de quelques espèces minérales qui n'avaient pas encore été signalées en Belgique. Parmi celles-ci il faut compter la tourmaline, que nous rencontrâmes pour la première fois dans un cristal de quartz des carrières de Quenast. Les cristaux de quartz hyalin que l'on peut recueillir dans cette localité sont extrêmement remarquables par les minéraux qu'ils enclavent; ordinairement c'est l'épidote, qui est emprisonnée dans les prismes de quartz qui ont cristallisé dans les fissures; plus fréquemment encore ce sont des filaments d'asbeste renfermés en si grand nombre dans la masse hyaline qu'ils en troublent la transparence. Un échantillon de quartz enfumé présentait enchâssés dans l'intérieur du cristal des prismes d'épidote et des microlithes aciculaires d'un brun noirâtre à section triangulaire offrant toutes les apparences de la tourmaline. La longueur de ces petits cristaux n'atteignait pas un centimètre et leur diamètre mesurait environ 0^{mm},5. La détermination cristallographique de ces fines aiguilles ne pouvant s'effectuer à l'aide du goniomètre ordinaire, mon savant ami, M. le professeur Von Ratz, eut l'obligeance de les mesurer pour nous. Cet habile cristallographe constata l'angle

de la tourmaline sur les spécimens que nous lui avions envoyés, et nous avons corroboré ses conclusions par des expériences fondées sur la pyro-électricité de ce minéral. Un petit fragment prismatique de la tourmaline de Quenast fut suspendu, par le milieu, à un fil de cocon. Nous le soumîmes successivement, après l'avoir échauffé, à l'action inductrice de fortes charges d'électricité positive et d'électricité négative. La polarité du petit cristal que le phénomène de l'induction ne parvint pas à dissimuler, fut nettement accusée par des mouvements énergiques d'attraction simple et de rotation. Nous fîmes polir des éclats du cristal de quartz et nous pûmes étudier au microscope les formes aciculaires qu'il renfermait. Les sections parallèles à l'axe principal montrèrent que les cristaux de tourmaline étaient composés d'un groupe de petits prismes accolés. Ce groupement se remarque encore dans les sections perpendiculaires à l'axe principal. A la lumière ordinaire ils ont une teinte peu foncée d'un bleu noirâtre, quelques-uns des prismes sont jaune-pâle. Dans l'épreuve que l'on fait avec le polariseur pour constater le dichroscopisme, nous vîmes passer les sections du bleu verdâtre au noir. Ce phénomène d'absorption est un caractère optique bien connu de la tourmaline. A peine avions-nous signalé la présence de cette espèce minérale à Quenast que M. le professeur G. Dewalque, s'étant rendu dans cette intéressante localité avec ses élèves, mit la main, à son tour, sur un bel échantillon de tourmaline nettement cristallisée.

Jusqu'ici cependant ce minéral n'avait été constaté que sporadiquement et comme élément accessoire dans le massif de Quenast; les recherches dont je m'occupe en ce moment, dans le but de déterminer la composition minéralogique et la structure des roches sédimentaires de nos formations anciennes, viennent de me montrer que la tourmaline joue dans ces roches un rôle assez important, et que l'on était loin de soupçonner avant de les avoir étudiées à l'aide du microscope. J'indique ici successivement quelques-uns des caractères présentés par la tourmaline telle qu'elle se montre dans des phyllades appartenant au terrain cambrien ou ardennais de Dumont. Les sections de ce minéral sont cylindriques : elles atteignent, en moyenne, 7 à 8 centièmes de

millimètre, leur largeur est environ de $0^{mm},01$. Ordinairement elles sont terminées d'un eôté par des faees, se coupant sous un angle plus ou moins ouvert, et de l'autre par une ligne sensiblement droite; des fendillements plus ou moins parallèles à la base du eristal le traversent et simulent des elivages. Ces cristaux paraissent souvent disloqués ou brisés, comme s'ils avaient été soumis à une torsion; leurs divers tronçons gisent à une petite distance les uns des autres. Ils ont en général une coloration bleu-pâle, assez faible, mais renforeée quelquefois à l'une des extrémités de la seetion, et renferment, dans eertains eas, de nombreuses enelaves noires et opaques. Un exeellent mierographe, élève du professeur Zirkel, M. Arno Anger, vient de découvrir ees mêmes formes dans un grand nombre de schistes; il les eonsidère eomme des tourmalines. Nous retrouvons dans nos plaques mêmes la ressemblanee la plus parfaite entre les seetions qu'il déerit et celles que, de notre eôté, nous eonsidérons eomme appartenant à eette espèee minérale. — La forme de ees seetions montre, avons-nous dit, une différenee de développement pour les deux extrémités; c'est bien celle qu'affeete la tourmaline qui nous offre si souvent les exemples les plus elassiques d'énantiomorphisme. Quant à la différence d'intensité de teinte que nous remarquons quelquefois aux deux extrémités du prisme, c'est un phénomène que nous observons fréquemment à l'œil nu sur les grands eristaux de cette espèce, et que M. von Lasaulx a fait eonnaître pour les mierolithes de tourmaline renfermés dans les grenats des granulites de la Saxe. Nous avons insisté tout à l'heure sur eertaines déformations qu'auraient subies les eristaux en question et sur les fissures parallèles à la base. Nous voyons dans ces faits la preuve des mouvements mécaniques auxquels les roches ont été soumises après la solidification d'une partie de leurs éléments. Quant au tronçonnement des prismes perpendieulairement à l'axe principal, nous n'y voyons pas, eomme paraît l'admettre M. Anger, la preuve d'un clivage suivant eette direetion, clivage que n'ont pas démontré, à notre connaissanee, les recherehes sur des individus maeroseopiques de tourmaline; mais nous sommes portés plutôt à admettre qu'il est l'effet d'une

rupture provoquée par les mouvements de couches, et qui se serait opérée suivant les points de faible résistance. Une recherche que je fis avec M. le professeur Zirkel, et dont je donnerai les détails dans le mémoire que je compte publier bientôt sur les phyllades salmiens, mit hors de doute que les propriétés optiques de ces microlithes doivent les ranger dans le système hexagonal, contrairement à ce qui fut avancé par M. R. Credner. — Je termine cette communication préliminaire en signalant que, dans une récente excursion à Boussalle, M. de la Vallée et moi, nous avons pu recueillir un fragment de roche tourmalinifère enclavé dans le poudingue qui affleure dans cette localité. Ce poudingue, que Dumont a fait rentrer dans l'étage E^1 de son système eifélien, et que M. Gosselet considéra depuis comme représentant le poudingue de Fepin, présente à la base des fragments de roches cristallines qui remontent à une époque géologique antérieure. C'est sur ce fait, entre autres, que Dumont s'appuyait pour démontrer que certaines masses plutoniennes des terrains anciens de Belgique étaient antérieures au poudingue anthraxifère du bassin septentrional. En effet, il avait rencontré parmi les cailloux du poudingue de Marchain des fragments de chlorophyre et d'eurite minéralogiquement identiques au chlorophyre et aux eurites du Brabant. Nous avons décrit ailleurs quelques-uns des fragments trouvés par Dumont dans le poudingue E^1, et que M. Dewalque avait bien voulu nous communiquer; nous avons fait connaître en même temps la composition minéralogique et la structure d'un fragment roulé, recueilli par nous-mêmes, parmi les éléments du poudingue de Boussalle. L'intéressant échantillon de roche cristalline que nous venons de nouveau d'y rencontrer est d'un grain serré brun-verdâtre; on y découvre des formes prismatiques enchevêtrées dans tous les sens et indéterminables à l'aide de la loupe; elles sont enchâssées dans une masse fondamentale qui paraît être constituée de quartz. Ayant réduit en lames minces quelques éclats de cette roche, nous constatâmes qu'elle est formée d'un agrégat de petits prismes que leur forme cristallographique et leurs propriétés optiques doivent faire rapporter à la tourmaline; elle y est associée au quartz, et nous n'y

avons pas découvert de feldspath. Il nous paraît que cette roche doit être considérée comme un *schorlfels*.

M. Delgeur termine sa communication, du 26 avril, sur la cosmographie des Grecs.

M. le chanoine Delvigne est désigné comme commissaire.

Ce travail sera publié dans la *Revue des questions scientifiques*.

M. l'abbé Detierre fait un rapport sur le travail de M. de Fierlant relatif à la géographie du Transvaal.

Conformément à ses conclusions, la section propose l'impression du mémoire.

La notice de M. de Fierlant est publiée plus loin dans la 2me partie.

Lundi 23 octobre 1876. — M. A. de Lapparent expose les idées fondamentales d'un travail sur la doctrine des causes actuelles en géologie et l'étude microscopique des roches. Il montre en s'appuyant sur les travaux microscopiques de M. Michel Lévy, que, dans les roches éruptives on remarque, en descendant les âges géologiques des caractères de structure et de composition qui ne s'expliquent point en admettant que les forces actuellement à l'œuvre ont été invariables à la fois dans leur essence, dans leur mode d'action et dans leur intensité. Il conclut que les découvertes récentes de la pétrographie étudiée à l'aide du microscope nous ramènent à deux idées : la *création* d'où le monde est sorti; la *fin* vers laquelle il tend.

Suit une discussion dans laquelle M. de la Vallée-Poussin, tout en admettant les principes de M. de Lapparent, fait remarquer que les travaux de M. Lévy sont pour certains points en contradiction avec les recherches de MM. Judd et Rechtoffen. Il apporte quelques faits à l'appui de la doctrine géologique défendue par M. de Lapparent : entre autres les plissements de terrains se prolongeant sur de grandes distances, tels que nous en présentent les terrains anciens, et qui ne peuvent s'expliquer par l'intervention des forces agissant sous nos yeux. Il relève aussi les

difficultés que l'explication des climats géologiques offre à qui défend les causes actuelles dans le sens de l'école de Lyell.

Le P. Renard demande quelques éclaircissements relativement aux caractères diagnostiques qui doivent avoir servi à M. Lévy pour distinguer ce qu'il nomme les cristaux en débris de ceux qui se sont formés sur place.

M. de Lapparent précise les faits sur lesquels M. Lévy s'est appuyé ponr établir cette distinction.

M. de la Vallée donne lecture d'une note sur une coupe du terrain dévonien entre Haillot et Andenelle.

La section nomme commissaire, pour examiner ce travail, M. A. de Lapparent.

Mardi 24 octobre 1876. — M. A. de Lapparent présente le rapport sur le travail de M. de la Vallée intitulé : Note sur une coupe du terrain dévonien entre Haillot et Andenelle. Il conclut avec beaucoup d'éloges à l'impression. — Adopté.

(La Note de M. de la Vallée est insérée plus loin, 2me partie, p. 193.)

Une discussion s'engage entre MM. de la Vallée et A. de Lapparent sur la question des similitudes et des différences qui existeraient entre le terrain silurien du pays de Galles et les terrains cambrien et silurien de l'Ardenne.

M. de la Vallée insiste sur la transition insensible qui existe entre les roches siluriennes et cambriennes en Angleterre.

Il croit les roches belges qui nous occupent plutôt cambriennes que siluriennes, en tant que cette qualification s'applique aux schistes sédimentaires supérieurs au terrain primordial, déposés dans une eau dont la température différait peu de la température actuelle, et ne possédant pas la faune caractéristique du silurien.

M. de Lapparent donne la description des phyllades de Saint-Lô qui seraient encore plus anciens que le cambrien anglais. Ces phyllades sont des gneiss pourprés ne ressemblant pas aux phyllades de l'Ardenne. Ils sont durs, satinés, se clivent en gros fragments prismatiques, coupant les doigts, et sont veinés de substances quartzeuses.

La discordance de Saint-Lô est très-remarquable. Ces phyllades sont presque verticaux, tandis que les couches du silurien inférieur qui les surmontent ne font qu'un angle de 5° avec l'horizon.

M. de la Vallée mentionne les objections que font MM. Briart et Cornet à l'hypothèse des plissements et de la formation des selles géologiques.

M. de Lapparent ne trouve pas de difficultés à admettre l'hypothèse, surtout si l'on se rappelle que les plissements sont accompagnés de glissements, de fractures et d'eau.

Cette dernière observation explique de même bien des faits de métamorphisme.

M. Proost demande des renseignements sur les prétendus glaciers de la vallée de l'Amazone.

Ce sont, d'après M. de Lapparent, des formations de gneiss anciens transformés à l'époque tertiaire par les pluies de l'équateur.

Il rappelle à ce propos la tendance de certains géologues à voir des moraines partout.

A la demande de M. A. de Fierlant, M. de Lapparent donne quelques détails sur l'homme fossile de l'âge du renne découvert à Menton.

M. de la Vallée présente quelques observations sur une hémitropie du calcaire spathique.

Mercredi 25 octobre 1876. — L'ancien bureau est réélu à l'unanimité.

Quatrième Section.

—

Samedi 29 janvier 1876. — Il est procédé à la formation du bureau (voir plus haut).

M. A. Proost communique une note *Sur la détermination des combustions organiques par le dosage de l'urée.*

Mercredi 26 avril 1876. — M. B. Schmitz soumet à la section un *Abrégé d'hygiène.*

Jeudi 27 juillet 1876. — La section s'occupe du choix des questions qui doivent être proposées à la prochaine session annuelle. Elle adopte plusieurs questions qui seront soumises au Conseil.

Cinquième Section.

—

Samedi 29 janvier 1876. — Il est procédé à l'élection des membres du bureau (voir plus haut).

Une conversation s'engage sur l'organisation des travaux de la section.

M. A. de Moreau parle du défaut d'équilibre qui existe entre l'industrie et l'agriculture, et des moyens de remédier à cette situation.

MM. Descamps, de Lafontaine, Ed. de Liedekerke, Henri Schmidt et A. de Moreau prennent part à la discussion qui s'élève sur ce sujet.

Mercredi 26 avril 1876. — M. Fr. vander Straten-Ponthoz présente des observations théoriques et pratiques sur la distribution des eaux dans le sol et sur les effets du drainage des terrains humides. Il en fait l'application au drainage de la forêt de Soignes.

Jeudi 27 juillet 1876. — La section s'occupe de la préparation des questions qui doivent être soumises aux assemblées générales d'octobre. Elle en choisit plusieurs qui seront présentées au Conseil.

Mardi 24 octobre 1876. — Une discussion animée s'engage sur la dépopulation des campagnes et sur l'enseignement agricole.

MM. t'Serstevens, Fr. vander Straten-Ponthoz, Ch. Thiebauld, Legrand-Benoît, A. de Moreau et d'autres membres y prennent part.

Le même sujet doit être traité à l'Assemblée générale de l'après-midi. On trouvera au compte rendu de cette assemblée le résumé des idées exprimées par la plupart de ces membres.

Il suffira de consigner ici les points suivants qui ne sont pas revenus dans la discussion en Assemblée générale :

M. de Moreau fait observer que la question morale reste entière. La crise de l'industrie n'a pas chassé des villes les campagnards que l'appât des plaisirs y avait attirés.

Pour faire revenir les ouvriers agricoles, suffit-il d'enrichir les campagnes? Il faut, suivant M. de Moreau, que les propriétaires résident à la campagne.

M. Legrand-Benoît conseille, pour remédier à la situation de l'agriculture, les mesures suivantes :

1° Propager l'enseignement agricole à tous les degrés;

2° Encourager les baux à long terme;

3° Créer de nombreuses voies ferrées et routières;

4° Établir un grand nombre de stations pour les marchandises;

5° Établir des tramways dans les communes rurales;

6° Réduire le prix des transports agricoles par chemin de fer;

7° Faciliter aux communes, notamment aux communes urbaines, la vente et le transport des engrais;

8° Provoquer des allocations plus élevées de la part des provinces pour l'achat de reproducteurs de choix;

9° Exiger que les établissements insalubres prennent des mesures efficaces pour ne pas nuire aux récoltes;

10° Renvoyer un nombre suffisant de miliciens dans leurs foyers à l'époque des moissons;

11° Obtenir des tarifs douaniers qui permettent aux produits de notre culture d'entrer chez nos voisins.

M. de Haulleville donne quelques détails intéressants sur les grands établissements agricoles de l'Angleterre.

Mercredi 25 octobre 1876.—Pour répondre à un vœu exprimé dans l'Assemblée générale du 24 octobre, MM. Fr. vander Straten-Ponthoz et t'Serstevens, sont priés d'arrèter la rédaction d'une proposition à soumettre à l'Assemblée générale du 26, en vue de répandre et de favoriser l'enseignement agricole.

M. A. de Moreau présente à la section un travail qui se résume ainsi :

Qu'est-ce que le capital? C'est un produit *épargné* et *employé*. Trois éléments concourent à sa création :

1° Le travail qui produit;

2° La frugalité qui conserve;

3° L'intelligence qui emploie.

Pour l'étude de chacun de ces éléments, il faut tenir compte de la question morale : car, en somme, c'est l'homme qui produit, qui conserve, et qui emploie. Or, l'homme n'est pas seulement un corps, il est aussi une âme.

Ceux donc qui veulent étudier les questions économiques sans tenir compte des phénomènes de la religion et de la morale, commettent la même faute que le naturaliste qui prétendrait expliquer le règne organique sans tenir compte des phénomènes de la nutrition. Examinons donc, dans chacun des éléments qui constituent le capital, la part de la morale.

Il faut pour la formation du capital :

1° Le travail qui produit; mieux que n'importe quelle doctrine, le catholicisme sait inspirer l'amour du travail par la doctrine et par les exemples;

2° La production — suffisante et utile. Une production exagérée est d'autant plus dangereuse qu'on ne s'aperçoit du danger que trop tard. Il importe, pour éviter cette production exagérée, d'établir un sage équilibre entre l'industrie agricole et les autres industries. Sous ce rapport, nous avons beaucoup à faire;

3° Une consommation — modérée. Le luxe, quand il outre-passe une juste mesure, est ruineux. Non-seulement il empêche de vivre toute une partie de la population, mais il surfait les besoins et épuise l'homme, cet important capital;

4° Un emploi intelligent des produits conservés. Cet emploi

pour enrichir la société, doit s'appuyer sur l'expérience et la prévoyance. Pour que l'homme puisse tenir compte du passé et prévoir l'avenir, il faut qu'il soit maître de lui-même. Partout donc, dans la formation du capital, domine l'élément moral.

Les membres du bureau sont maintenus dans leurs fonctions pour la seconde année.

ASSEMBLÉES GÉNÉRALES.

I.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE DU SAMEDI 29 JANVIER 1876.

Après quelques paroles de bienvenue, adressées par M. le docteur Lefebvre, président, et la lecture des procès-verbaux des sections, M. de la Vallée-Poussin lit un travail sur les *désaccords de la paléontologie avec l'hypothèse transformiste de Ch. Darwin,* travail dans lequel il développe les considérations suivantes :

L'examen des êtres vivants, aujourd'hui, fournit les objections les plus graves à l'hypothèse de Darwin. On ne connaît pas un seul fait actuel d'où l'on puisse conclure à la transformation d'une espèce d'animal ou d'une espèce de plante en une autre espèce. Mais à cela, les partisans de l'hypothèse objectent que nos observations remontent à trop peu d'années en arrière pour que l'on puisse rien en conclure; car, suivant eux, la transformation d'une espèce en une autre, dont la distinction est bien tranchée, exige des millions d'années.

En effet, cette transformation résulte de la sommation de particularités extrêmement insignifiantes d'abord, mais avantageuses aux individus qui les possèdent : accentuées par l'hérédité

durant d'innombrables générations, elles s'accroissent jusqu'à modifier complétement le type, et elles finissent par assurer la survivance dans la lutte pour la vie. Les Darwinistes les plus conséquents, comme Haeckel, exigent des milliards de siècles pour la production graduelle des classes et des embranchements du règne animal.

Dans l'état de la science, on ne peut accorder ces milliards de siècles. Un des grands physiciens de l'Angleterre, M. W. Thomson, admettant que le globe a été d'abord à une très-haute température, établit, par des calculs très-sérieux, que l'intervalle de temps nécessaire pour abaisser par le rayonnement la température de la surface de 2,000° C., jusqu'à la température actuelle, n'a pu être supérieure à 400 millions d'années, ni inférieur à 20 millions. Les êtres vivants n'ont pu subsister sur la terre avant que la température fût descendue à 50° ou 60°, tout au plus; cela revient à dire que, même en partant du chiffre le plus élevé de M. Thomson, les plus anciens êtres fossiles ne peuvent remonter à plus de 30 ou 40 millions d'années en arrière.

On attribue communément l'aplatissement de la terre vers ses pôles à sa rotation diurne et à la figure d'équilibre qu'elle a dû prendre quand elle était encore à l'état fluide. En partant de cet aplatissement, le calcul a démontré à Klein que, depuis sa consolidation, la terre n'a jamais effectué sa rotation diurne en moins de 17 heures 6 minutes. D'un autre côté, Delaunay a établi que la vitesse de rotation avait été en diminuant par suite des frottements qu'engendrent perpétuellement les marées de l'Océan, et il évalue ce ralentissement à 164 secondes par siècle. Les chiffres précédents permettent de conclure, par un calcul très-simple, que la terre a pris une figure stable, il y a envion 400 millions d'années, et que les plus anciens êtres organisés ne remontent pas au dixième de ce laps de temps.

La démolition perpétuelle des terres émergées par l'action de l'atmosphère et des eaux détruirait totalement un continent comme l'Europe ou l'Amérique du Nord en un petit nombre de millions d'années. Si les temps géologiques embrassaient des milliards d'années, il ne subsisterait plus rien depuis longtemps

des plateaux cristallins de l'Auvergne et du Canada qui, sauf des exceptions de courte durée, n'ont plus été recouverts par les eaux depuis la venue des plus anciens êtres organisés.

D'après ces considérations, on a le droit de déclarer que la géologie n'accorde pas le temps nécessaire à l'évolution générale des êtres comme la veut Darwin.

Mais, abstraction faite de la question de durée nécessaire, il est des faits paléontologiques absolument rebelles à l'hypothèse précitée. Car si les causes incidentes, évoquées par Darwin, sont capables, le temps aidant et comme il l'affirme, de produire toutes les divergences de l'organisation, la persistance d'un type déterminé au delà d'un certain terme de longévité spécifique devient de plus en plus improbable, et après des millions d'années les derniers survivants ne doivent plus posséder que des analogies très-éloignées avec leurs premiers parents. Or, on trouve aujourd'hui dans les Océans des brachiopodes, appartenant aux genres *Discina*, *Crania*, *Lingula*, *Rhynchonella*, des céphalopodes du genre *Nautilus* dont les coquilles ne diffèrent de celles de leurs représentants du terrain silurien inférieur, que par des détails spécifiques qu'un conchyliologiste exercé est seul en état de reconnaître.—D'autre part, on extrait des profondeurs de l'Atlantique des oursins qu'il est impossible de distinguer de ceux que renferme le terrain crétacé. Malgré tous les changements de climat, de faune et de flore effectués depuis l'époque tertiaire inférieure, un colimaçon terrestre, *Helix labyrinthica,* qui vit aux États-Unis, est resté semblable à lui-même. Des faits de ce genre sont absolument contraires à la doctrine darwiniste.

La marche générale suivie par le développement des organismes dans un monde qui serait assujetti véritablement à la théorie de Darwin, peut se déduire avec certitude. La vie y débuterait par les formes les plus simples, et, à partir de ce début, à mesure que les époques se succèdent, les descendants s'écarteraient progressivement les uns des autres, et le monde organique s'y enrichirait graduellement par la distinction de mieux en mieux marquée des ordres, des classes et des embranchements. Mais les archives paléontologiques que l'on possède montrent que le pro-

grès de la vie sur le globe ne s'est pas opéré de cette manière.

On voit très-bien, en les compulsant, que le perfectionnement ne se produit point par l'amélioration continue d'êtres préexistants, mais par l'introduction de nouveaux types. Les brachiopodes que l'on pêche aujourd'hui ne sont pas plus perfectionnés que ceux que M. Hickx ramassait dernièrement à la base des couches cambriennes de Saint-David. Les trilobites de la faune primordiale sont aussi élevés en organisation, aussi parfaits au moins que ceux des couches dévoniennes et carborifères. L'enrichissement incontestable que présente la faune seconde silurienne relativement à la faune antérieure, consiste surtout dans l'apparition d'un nombre incroyable de céphalopodes en Amérique aussi bien qu'en Europe, et ces céphalopodes sont absolument sans liens génétiques visibles avec les mollusques de l'ère immédiatement antérieure. De même la faune troisième silurienne s'enrichit vers la fin de poissons placoïdes et ganoïdes, qui lui impriment un caractère bien plus élevé que celui des faunes précédentes; mais ces poissons, aussi complexes que leurs analogues des derniers temps géologiques, ne laissent apercevoir aucun symptôme de transition entre eux et les céphalopodes ou les crustacés qui avant eux tenaient la tête du règne animal.

L'apparition de nombreux troupeaux de mammifères vers les débuts de la période éocène, dans le nouveau aussi bien que dans l'ancien continent, donne le même enseignement.

Les paléontologistes américains ont découvert depuis quelques années les restes de trois à quatre cents espèces fossiles de ces mammifères. Leurs ossements gisent dans des couches qui reposent elles-mêmes sur des couches crétacées, lesquelles annoncent un régime continental, de grandes prairies, des forêts gigantesques, en un mot tout ce qui convient à un riche développement d'animaux herbivores et carnassiers. Mais en dépit des circonstances favorables, on ne trouve pas dans ces couches les formes transitoires qui devraient y pulluler et qui présageraient les nombreux animaux que l'on recueille immédiatement au-dessus d'elles.

Il n'en va pas autrement quand il s'agit des plantes. Pour-

quoi cette production subite des angiospermes dans les deux mondes à l'époque crétacée, tandis qu'auparavant, à part un très-petit nombre d'exceptions douteuses aux yeux des botanistes les mieux exercés, la flore ne comportait depuis des millions d'années que des cryptogames, des conifères et des cycadées?

Pour parer à ces difficultés, on allègue les lacunes de nos connaissances. Ces lacunes, très-réelles puisque la série des terrains n'est jamais complète, ces lacunes n'ont pas la portée qu'on leur attribue. Ce que l'on ne trouve pas dans les terrains d'un pays devrait se trouver ailleurs, car ce ne sont pas quelques formes, ce sont des milliards d'exemplaires fossiles qui font défaut à la théorie darwinienne. Ainsi les systèmes siluriens et dévoniens de l'Amérique ont la même physionomie paléontologique que ceux de l'Europe, et là-bas pas plus qu'ici l'on ne rencontre de formes transitoires entre les trilobites et les premiers poissons. On peut en dire autant de tous les groupes fossilifères correspondants de l'Europe et de l'Amérique.

De plus, il existe des terrains comme le lias d'Angleterre où le dépôt est parfaitement régulier, la succession ininterrompue, et où chaque couche, outre beaucoup d'espèces communes, renferme un certain nombre d'espèces propres, par exemple des ammonites. Or, l'on ne voit pas les formes de transition entre ces ammonites, et le calcul des probabilités appliqué aux chances de rencontre prouve qu'on devrait trouver ces intermédiaires s'ils existaient.

La prédominance de telle ou telle classe du règne animal dans le passé ne se produit pas comme le voudrait la théorie. Il est des faits qui resteront acquis à la science et que l'hypothèse de la sélection ne justifiera jamais. Pourquoi, par exemple, les céphalopodes, si rares aujourd'hui dans nos mers vis-à-vis des gastropodes et des lamellibranches, formaient-ils avec les brachiopodes la presque totalité de la faune malacologique des temps anciens? Pourquoi également, et abstraction faite de l'*Eozoon* qui est tout à fait contesté, les roches constituées par des rhizopodes sont-elles si rares à l'époque paléozoïque, tandis qu'elles forment par elles-mêmes des masses gigantesques aux époques crétacée, tertiaire et actuelle.

L'antagonisme mutuel des chances favorables et défavorables à l'individu, c'est-à-dire une pure fatalité, préside, d'après Darwin, à l'épanouissement des règnes organisés à partir de leur origine. Ces bases étant acceptées et complétées par quelques données très-vraisemblables, on peut soumettre au calcul des probabilités le nombre approximatif des espèces animales réalisées aux diverses époques de la terre. C'est le calcul d'une progression dont le premier terme est l'être organisé primordial et le dernier terme le chiffre de 300 mille espèces actuellement vivantes d'après les naturalistes. Il est facile d'exprimer par un diagramme qui parle aux yeux cette marche hypothétique des choses. A côté de ce premier diagramme, un second peut être construit sur la même échelle, mais d'après les bases fournies en ce moment par nos connaissances positives.

M. de la Vallée-Poussin présente à l'assemblée un tableau offrant les deux diagrammes en question; il fait remarquer leur complète discordance. En présence d'une telle disposition on peut déclarer que rien n'est plus téméraire que de chercher des appuis pour la conception de Darwin dans la marche générale des organismes fossiles.

M. l'abbé Lecomte, à propos de cette lecture, fait ressortir une contradiction évidente entre deux principes fondamentaux du darwinisme. D'une part, on est forcé, pour rester d'accord avec les faits actuels et les faits paléontologiques, d'attribuer aux organismes une variabilité extrêmement lente; d'autre part, on doit admettre que les qualités acquises ne peuvent triompher des obstacles qu'à la condition d'être déjà suffisamment développées.

La parole est donnée à M. t'Serstevens pour une communication sur la dépopulation des campagnes.

Ce travail est inséré plus loin, dans la 2me partie.

Après un échange d'observations entre MM. t'Serstevens et Van Geetruyen, le R. P. Renard expose les nouveaux moyens de recherches fournis par le microscope pour l'étude des roches. Cet exposé est destiné à la *Revue des questions scientifiques*.

Nous en donnons ici un résumé assez étendu.

L'intérêt qui s'attache au nouveau mode d'investigation introduit en géologie par l'analyse microscopique des roches pratiquée d'après la méthode de Sorby, et l'importance des faits que ce genre d'étude vient de révéler aux savants, engagent le R. P. Renard à exposer succinctement le développement historique de la micrographie des roches, à indiquer les opérations à faire pour préparer les lames minces que l'on soumet à l'analyse microscopique par la lumière transmise, et à montrer d'une manière générale les avantages qui résultent de ces recherches.

Pour donner un exemple des résultats remarquables auxquels on peut arriver par ce nouveau mode d'analyse, il se propose de décrire avec quelques détails les corps étrangers que le microscope décèle au sein même des minéraux qui constituent les roches, et de faire connaître quelques-unes des conclusions importantes auxquelles ces découvertes ont conduit.

Les roches qui forment l'écorce du globe sont généralement des agrégats de minéraux, composés d'éléments plus ou moins discernables à l'œil nu ou à la loupe. Il arrive souvent que la finesse de leur grain est telle, qu'il devient impossible, par les modes d'observation généralement en usage, d'individualiser leurs minéraux constitutifs et leur structure, et partant, de lever les doutes relatifs à leur origine.

L'importance d'une classification naturelle des roches, fondée sur la détermination de leur composition chimique et de leurs propriétés physiques, frappa dès les débuts de la géologie, quelques savants français comme Dolomieu et Cordier. Pour avancer dans la connaissance des roches à structure serrée et d'apparence homogène, ils firent usage du microscope, et étudièrent à l'aide de cet instrument des fragments de roches triturés. Mais en triturant une matière pierreuse, les éléments brisés irrégulièrement laissent difficilement reconnaître leurs formes et leur mode d'agencement. Néanmoins cette méthode, malgré ses imperfections, constituait un progrès réel. L'application du microscope en pétrographie, qui devait plus tard réaliser de si brillantes découvertes,

était inaugurée; il fallait perfectionner les procédés d'observation, et ce fut à M. Sorby que revint l'honneur d'imaginer une méthode, qui devait devenir le point de départ de travaux variés, tendant à transformer profondément les connaissances que nous avions sur les roches. Le procédé de M. Sorby consiste essentiellement à tailler les roches en lames minces transparentes. En 1858, il fit connaître au monde savant son mode d'observation dans la *Revue de la Société géologique* de Londres; ces recherches comprennent la première série de travaux systématiques sur l'examen à l'aide du microscope des minéraux et des roches réduits en lames minces. Quelques années après la publication de ce remarquable mémoire, Sorby, se rendant à Bonn, y fit la connaissance d'un jeune géologue et lui exposa son mode d'investigation. Celui-ci entrevit d'un coup d'œil le champ inexploré que lui ouvrait l'application des procédés du célèbre micrographe anglais. Il les mit immédiatement en œuvre; divers groupes de roches et de matières vitreuses lui fournirent, en peu de temps, une riche moisson de résultats scientifiques; et, par une série de brillants travaux, il conquit les chaires les plus enviées des universités allemandes. Ce premier disciple du géologue anglais est M. Zirkel, actuellement professeur à l'université de Leipzig. En même temps paraissaient les recherches de Vogelsang, et ces deux savants donnèrent l'impulsion aux nouvelles recherches. Le P. Dressel suivit de très-près leur exemple et fit connaître en 1865 ses études microscopiques sur le basalte, dans son mémoire couronné à Haarlem. Ces succès attirèrent bientôt l'attention des géologues de l'Allemagne, et il se forma une école de micrographes, qui compte aujourd'hui dans son sein les hommes les plus éminents, parmi ceux qui s'appliquent aux investigations relatives à la connaissance des roches et des minéraux.

Après ce résumé succinct du développement de la nouvelle méthode, voyons la manière dont on prépare les roches pour l'étude au microscope. On détache, à l'aide du marteau, un éclat de l'échantillon à analyser. Ce fragment, de deux à trois centimètres, est usé d'un côté sur une plaque de fer; à l'aide d'émeri interposé, on obtient une face bien égale; grâce à son poli, elle s'at-

tache aisément à une plaque de verre sur laquelle on la fixe au moyen de baume du Canada. Il reste alors à user de la même manière la seconde face, jusqu'à ce que la lamelle ait atteint une mineeur suffisante pour une bonne observation. Généralement ce degré de transparence est obtenu lorsqu'on peut lire, à travers la lame, les caractères imprimés sur lesquels on la pose. Celles dont M. de la Vallée et le P. Renard se sont servis pour étudier les roches belges qu'ils ont décrites, mesuraient en moyenne $\frac{1}{40}$ de millimètre d'épaisseur, d'après les déterminations de M. Voigt, de Göttingen. A l'aide de certains phénomènes optiques observés dans les lames minces de la diorite de Quenast, qui contiennent du spath calcaire, ils ont pu démontrer que l'épaisseur de ces lames était certainement inférieure à $\frac{1}{28}$ de millimètre.

Le polissage des lames minces de roches cristallines est, dans certains cas, une opération longue et qui réclame une grande habitude. Dans ces derniers temps, on a inventé des machines coupantes et des meules qui rendent plus expéditive la préparation des plaques transparentes; mais aucun des nouveaux appareils, sauf les disques en métal que l'on emploie pour tailler régulièrement un éclat de roche et l'amincir, ne vaut le polissage à la main tel qu'il est encore pratiqué à l'Institut géologique de Leipzig, dirigé par M. Zirkel.

On saisit au premier coup d'œil les avantages que le mode d'observation par lames transparentes doit offrir au pétrographe. L'extrême minceur à laquelle on parvient à réduire cet agrégat de minéraux permet de distinguer au microscope les différents éléments de la roche, de suivre leurs contours, d'étudier leurs phases de décomposition, leur disposition et leur structure; et puisque dans la plupart des roches les minéraux sont cristallisés, on retrouve dans les lames minces les sections géométriquement terminées de ces divers cristaux et l'on peut se renseigner sur la nature de leurs clivages. Pour déterminer avec plus de certitude encore les propriétés cristallographiques de ces minéraux, on adapte au microscope des appareils propres à mettre en jeu les phénomènes optiques des cristaux, phénomènes qui permettent de s'orienter sur la direction suivant laquelle le cristal fut taillé,

d'en reconstituer la forme intègre et de déterminer le système cristallin auquel on doit le rapporter. Notons encore que l'on peut faire au microscope, sur ces préparations, divers essais chimiques: attaquer par des acides un point déterminé de la plaque, suivre minutieusement la marche de la réaction et étudier la manière dont chaque minéral se comporte dans ces essais.

Le P. Renard montre à l'Assemblée une série de plaques taillées; les unes sont à peine ébauchées, d'autres sont presque terminées et permettent de se rendre compte des manipulations auxquelles on doit soumettre la roche pour en faire une préparation microscopique. Il présente ensuite quelques-unes des chromolithographies qui doivent figurer dans le travail qu'il fit avec M. de la Vallée et que l'Académie de Belgique fait imprimer. Ces planches, dont la reproduction est due à un habile artiste, M. Severeyns, représentent des plaques de roches observées au microscope d'après la méthode que l'on vient d'exposer. Il aborde ensuite le sujet même de l'entretien et il montre dans un rapide exposé les belles découvertes sur les enclaves renfermées dans les minéraux des roches, en indiquant les considérations suggérées au géologue par le nouvel ordre de choses que lui révèle le microscope. Les faits qu'il signale sont illustrés par des diagrammes qu'il trace au tableau et qui permettent de suivre comme sur l'objet lui-même, les détails dans lesquels il va entrer et que nous résumons ici.

Les variétés les plus limpides de cristaux offrent souvent à l'œil nu une foule de corps étrangers renfermés dans le minéral; ils y sont enchâssés comme les feuilles et les brins d'herbe dans un bloc de glace. Mais c'est au microscope surtout que se découvrent emprisonnées dans le cristal un grand nombre de substances étrangères, solides ou liquides, amorphes ou cristallines, que nous désignons sous le nom d'enclaves et dont on décrira les principales variétés.

Les enclaves dont la présence est le plus fréquemment constatée dans les minéraux des roches sont celles que l'on désigne sous le nom d'*enclaves liquides*. Dans toutes les roches belges soumises à l'examen microscopique, on les retrouve invariable-

ment répandues en nombre considérable dans les sections quartzeuses; elles ont en général moins de $\frac{1}{10}$ de millimètre de diamètre. Ces vacuoles renferment souvent une petite bulle, quelquefois agitée et qui atteste que la substance enclavée est bien un liquide. En suivant attentivement l'acte de la cristallisation d'un corps bien connu, comme le chlorure de sodium, on comprend aisément comment ces enclaves liquides se forment, ainsi que la bulle ou *libelle* qui surnage et s'agite librement entre les parois de son étroite prison. M. Zirkel a mesuré de ces enclaves liquides dont les limites ne comprennent pas plus de $\frac{3}{10,000,000}$ de millimètre carré et dans lesquels il observait encore le phénomène de la bulle mobile. Ces vacuoles sont tellement nombreuses dans les quartz de certains granites que M. Sorby a calculé qu'un pouce cube de cette roche peut en contenir parfois un milliard.

On peut démontrer que ces liquides ont été enclavés au moment de la solidification de la roche; par conséquent, l'existence de ces vacuoles au milieu des cristaux de quartz du granite, par exemple, prouve que cette roche a été formée en présence de liquides ou de gaz qui se condensèrent dans la suite, et l'idée ultra-plutoniste relativement à la formation du granite doit nécessairement être abandonnée.

Quelle est la nature du liquide contenu dans les enclaves? — M. Sorby essaya de résoudre ce problème en faisant congeler ce liquide et il observa que la congélation coïncidait avec le zéro de l'échelle thermométrique; il en conclut que les enclaves renfermaient de l'eau. Il arrive que l'enclave emprisonne, outre le liquide, des corpuscules microscopiques qui permettent de pousser plus loin l'investigation et dont l'étude nous met à même de nous prononcer avec probabilité sur des questions géologiques du plus haut intérêt.

La diorite quartzifère de Quenast contient beaucoup de quartz criblés d'enclaves liquides; plusieurs d'entre elles renferment, outre la libelle, de petits cristaux cubiques striés de lignes parallèles aux arêtes du cube. La vue de ces microlithes fait naturellement naître l'idée d'une solution sursaturée de sel marin : la forme de ces cristaux microscopiques, leurs clivages marqués par les

stries parallèles font immédiatement penser au sel gemme. Le P. Renard montre comment, par l'analyse spectrale et l'analyse chimique on peut arriver à démontrer que ces cubes sont bien des cristaux de sel marin et que le liquide des enclaves est saturé de chlorure de sodium. Ce résultat avait été obtenu par MM. Zirkel et Sorby, avant les recherches qu'il fit dans le but de déterminer la nature des cristaux cubiques des enclaves de la roche de Quenast. Puisque le liquide sursaturé de sel marin s'est trouvé hermétiquement englobé au moment de la cristallisation du quartz, il est possible, à l'aide des données physiques, de déterminer la température à laquelle cette roche se figea.

Connaissant par des mesures micrométriques le volume d'eau contenu dans la vacuole, on avait à se demander à quelle température il fallait élever cette quantité de liquide pour lui faire dissoudre un cube de sel dont les dimensions étaient évaluées par le micromètre. Le calcul donna une température de 307° c. Acceptons ce chiffre comme approximatif et poursuivons notre recherche des conditions physiques sous l'empire desquelles la roche de Quenast a pu se consolider. Connaissant la température à laquelle s'était formée l'enclave, on pouvait déterminer la pression qui fut nécessaire pour empêcher à cette température la vaporisation complète de l'eau. En appliquant la formule de M. Roche, on obtint une pression de 66,291^{mm}, soit 87 atmosphères. Ces chiffres ne représenteraient-ils la vérité que d'une manière approximative, il n'en resterait pas moins vrai que l'étude de ces inclusions microscopiques révèle au géologue des détails que l'examen le plus minutieux, d'après les méthodes anciennes, n'aurait jamais pu lui faire deviner.

Certaines enclaves ne contiennent pas seulement de l'eau tenant des sels en solution, mais on a démontré, dans des préparations microscopiques de roches, que l'anhydride carbonique liquide est renfermé dans quelques vacuoles des sections quartzeuses. L'ingénieux appareil, inventé par Geissler et Vogelsang, permet d'étudier la dilatation de cette substance sous l'influence d'un accroissement de température, et les chiffres obtenus par ces savants répondent à ceux que Thilorier avait fixés pour la dila-

tation de l'anhydride carbonique liquide. Après avoir décrit l'appareil de ces deux savants et indiqué le mode d'opération à suivre pour constater la présence de ce corps dans les enclaves, le R. P. Renard passe à l'étude d'un autre genre d'inclusions microscopiques : celles qu'il désigne sous le nom d'*enclaves vitreuses*. Dans le cas des enclaves vitreuses on ne remarque jamais la mobilité de la bulle, qui est alors ordinairement déformée et n'a pas l'aspect sphérique des libelles des enclaves liquides. Celles dont nous nous occupons en ce moment renferment souvent plusieurs bulles ; la coloration de l'enclave est verdâtre ou brunâtre, semblable, sous ce rapport, aux plages vitreuses qui existent dans la roche. Il va sans dire que ces enclaves présentent avec les appareils de polarisation les caractères optiques des substances isotropes. L'inclusion d'un globule vitreux au sein des cristaux de quartz est un fait décisif en faveur de l'origine de ce minéral par voie de fusion.

Après avoir fait connaître les *enclaves lithoïdes*, décrit les cristaux microscopiques emprisonnés dans les minéraux cristallisés qui forment les roches et fait remarquer la série des formes rudimentaires de ces microlithes, le P. Renard insiste, en terminant, sur l'importance, dans l'étude des sciences naturelles, de scruter la nature dans les moindres détails.

II.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE DU MERCREDI 26 AVRIL 1876.

Après la lecture des procès-verbaux des sections, M. A. Proost lit un travail qui peut se résumer ainsi :

L'orateur s'attache à démontrer par de nombreux exemples les transformations et les améliorations que les découvertes des sciences naturelles ont apportées dans les conditions d'existence des individus et des sociétés.

Il se demande pourquoi ces sciences, qui ont transformé en

moins d'un siècle la face du monde et qui jettent de si vives lumières dans le domaine économique et philosophique, restent bannies de l'enseignement des humanités.

Il s'efforce de faire ressortir les abus que l'ignorance des lois de la nature, le défaut d'esprit d'observation et de méthode exacte engendrent dans la société.

Faute de notions scientifiques, le *législateur*, l'homme politique, méconnaissent trop souvent les besoins de leur époque et les exigences d'une situation nouvelle résultant des applications des découvertes scientifiques à l'industrie et au commerce.

L'*instituteur* marche à l'encontre de son but, en violant sans le savoir, les lois du développement harmonique de l'âme et du corps, que la physiologie a mises en lumière et que l'hygiène apprend à observer. Trop souvent l'ignorance de ces lois est la cause première de maladies incurables contractées dans la jeunesse et qu'il eût été bien difficile de prévenir.

L'*agriculteur* se ruine, faute de connaître ces lois de la restitution minérale qui constituent l'une des plus fécondes découvertes de la chimie moderne parce qu'elles permettent d'entretenir indéfiniment et d'augmenter, dans de notables proportions, la fertilité du sol.

Combien de nations agricoles se sont trouvées jadis dans la triste alternative d'émigrer, de guerroyer ou de périr pour avoir gaspillé inconsciemment les richesses du sol.

A la suite de ces considérations générales, l'orateur s'attache à préciser les avantages de l'introduction des sciences naturelles au programme de l'enseignement primaire et moyen.

Dans l'école primaire, ces sciences permettent d'appliquer avec le plus de fruit la méthode *intuitive* qui éveille *l'activité personnelle* en forçant les enfants à *découvrir* par eux-mêmes à passer du connu à l'inconnu, et, surtout, qui fait naître le *goût de l'étude*. Aujourd'hui, dès que l'enfant sait lire, on lui enseigne des éléments arides, des règles de grammaire, des lois toutes faites dont il n'entrevoit d'ordinaire ni les applications ni le pourquoi. Ce système machinal révolte les jeunes intelligences, incapables de généraliser et d'abstraire, et transforme l'étude en un véritable supplice.

Dans l'enseignement moyen les sciences d'observation pourraient concourir avec les sciences mathématiques à contre-balancer l'influence d'une éducation qui s'adresse trop spécialement à la mémoire et à l'imagination par l'étude exclusive des formes de la pensée, de la poésie et de l'histoire. Ainsi l'on fortifierait les intelligences en développant : 1° *l'esprit de suite et de méthode* qui engendre l'habitude des classifications ; 2° *l'esprit d'observation* qui nous porte à n'asseoir les prémisses du raisonnement que sur des faits dûment analysés et à nous prémunir contre les écarts de l'imagination; enfin 3° le *raisonnement* lui-même dont les artifices de la rhétorique ne suffiraient plus comme aujourd'hui à dissimuler la faiblesse.

Loin de compromettre l'enseignement littéraire, base inébranlable des humanités, ces études contribueraient largement à les fortifier, en exerçant les facultés qui concourent le plus à donner à l'esprit de la fermeté, de la précision et de la critique.

En outre les sciences naturelles présentent le grand avantage d'être accessibles à tous les esprits et à tous les âges, grâce à leur caractère concret. Il n'en est pas de même des mathématiques que l'on s'est obstiné jusqu'aujourd'hui à enseigner beaucoup trop tôt.

Il en résulte que bien des jeunes gens restent totalement étrangers aux sciences exactes et manquent toute leur vie de ce contre-poids jugé nécessaire, même par les anciens pédagogues, pour former des esprits complets. Il n'en serait plus ainsi si l'on remplaçait les mathématiques par les sciences naturelles dans les cours inférieurs. A part l'intérêt qu'elles offrent et les facultés spéciales qu'elles éveillent, ces sciences formeraient la meilleure introduction à l'étude des mathématiques, dont elles inspirent le goût, parce qu'elles permettent d'en apprécier toute l'importance.

Enfin, n'oublions pas que l'initiation aux lois de la nature est nécessaire à tous; elle apprend à se connaître et à connaître son milieu, à discipliner ces forces contre lesquelles la vie de l'homme est une lutte incessante.

L'orateur termine en insistant sur l'urgence de répandre l'enseignement agricole dans les campagnes.

Les économistes s'accordent à reconnaître que l'agriculture est la base de la richesse des nations. Or, il est un fait qui frappe aujourd'hui tout le monde, c'est la dépopulation rapide des campagnes, c'est l'émigration générale des ouvriers agricoles vers les centres industriels, c'est la cherté et la rareté de la main-d'œuvre à l'époque des travaux des champs. De toutes parts affluent vers nos grandes villes des fils de paysans, dégoûtés du métier de leur père, qui viennent assiéger nos administrations, nos maisons de commerce et trouvent à peine dans de modiques appointements les ressources nécessaires pour ne pas mourir de faim.

Que résulte-t-il de cette situation? Qu'on transforme insensiblement le laboureur, qui faisait vivre et enrichissait la nation, en mécontent, en révolutionnaire prêt à disputer, au prix du sang, le pain qu'il ne sait plus produire et qu'il achète si cher dans les grandes villes.

Existe-t-il un moyen de conjurer ce danger social? Oui, ce moyen existe; mais nos législateurs persistent à le méconnaître. Ce moyen réside dans une répartition équitable des charges et des avantages entre l'industrie et l'agriculture et dans la diffusion de la science agricole.

Philippe III, roi d'Espagne, voulant arrêter le dépeuplement des campagnes, cause de la ruine des états, décida « *qu'exemption d'impôt serait faite, libération du service militaire* obtenue et concession de lettres de noblesse accordée à ceux qui s'adonneraient à la culture des terres.

N'est-il pas temps, Messieurs, si l'on persiste à dédaigner les avertissements de la science, de mettre du moins à profit les leçons de l'histoire et de chercher à rendre lucrative l'industrie agricole qui périclite chaque jour, faute de science et d'argent. On nous répond que les agriculteurs font métier de se plaindre et que la production ne diminue pas sensiblement. Faut-il donc attendre une crise violente et générale pour prendre des mesures efficaces? Encore une fois, il suffit d'observer attentivement ce qui se passe autour de nous, pour constater l'imminence et l'étendue du danger. En Allemagne, le gouvernement est forcé de prendre les mesures les plus énergiques pour arrêter le tor-

rent de l'émigration, et déjà des provinces entières réclament vainement des ouvriers agricoles pour la moisson.

En France, la statistique constate que la population des campagnes a diminué d'un tiers depuis 40 ans.

Il y a là, je le répète, Messieurs, un danger social, une des grandes causes de la révolution, qu'il est urgent de conjurer.

A côté de la réduction des impôts et des charges militaires, il existe un autre moyen, ignoré de Philippe III, d'attacher l'agriculteur au sol. Ce moyen, c'est l'enseignement agricole. Non-seulement il apprend au fils de l'agriculteur à tirer profit des éléments nouveaux de production que la science met à son service, mais, en l'initiant au merveilleux mécanisme de la nature, il l'intéresse aux travaux de la terre et contribue à le soustraire à la fascination dangereuse qu'exercent les villes sur les campagnes. Voilà ce que l'on commence à comprendre en Allemagne, en France et en Angleterre, où des fermes écoles se fondent dans toutes les provinces, ce que l'on persiste à ne pas reconnaître chez nous.

Une discussion s'engage sur plusieurs des idées émises par M. Proost relativement à l'enseignement des sciences. Y prennent part MM. Proost, Gilbert, Mansion, Carbonnelle, Lecomte, l'abbé Carnoy, Fr. vander Straten-Ponthoz et le Dr Lefebvre. Dans la séance du 23 octobre ce sujet a de nouveau été discuté, et l'on trouvera dans le compte rendu de cette Assemblée générale le résumé des principales idées qui ont été exprimées.

III.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE DU JEUDI 27 AVRIL 1876.

M. le Dr Verriest prend la parole sur une question d'hygiène. Après quelques considérations sur la double voie que l'homme a suivie pour se placer dans les conditions d'existence les plus

avantageuses, d'abord l'expérience lente, progressive et presque inconsciente, plus tard l'expérimentation méthodique et le calcul scientifique, il aborde directement son sujet : *Les habits et les habitations*. Au fond, dit-il, nos habitations ne sont que des vêtements fixes, nos vêtements sont des habitations mobiles. Ce sont deux protecteurs qui tendent au même but : placer notre corps dans un climat artificiel plus favorable et moins variable que notre climat naturel. Vivant dans un milieu dont la température est variable, avec une température intérieure qui doit rester constante, sous peine de maladie ou même de mort, nous avons à gouverner nos pertes, tantôt et le plus souvent en les restreignant, tantôt en les activant. Notre corps dispose dans ce but de divers mécanismes éminemment appropriés, mais qui ne sauraient suffire dans nos climats. C'est à cette insuffisance que nous portons remède à l'aide de nos vêtements et de nos habitations.

Indépendamment de la chaleur que nous transformons en travail mécanique, nous perdons le calorique par contact, par rayonnement et par évaporation. Comment se comportent les différents tissus — lin, laine, soie, coton — vis-à-vis de ces sources de déperdition ? M. Verriest donne ici sur les propriétés conductrices le pouvoir d'absorption et d'émission, la perméabilité à l'air, la puissance de condenser et de céder l'humidité, etc., de chaque tissu, des chiffres précis obtenus à l'aide de procédés et d'instruments qu'il décrit et montre à l'assemblée.

Mais toute protection entraîne des inconvénients ; ainsi celle que nous procurent les habits et les habitations, ne s'obtient qu'au détriment des exhalations cutanées et pulmonaires. L'eau de la perspiration, par exemple, s'accumule en sueur, à moins qu'une ventilation suffisante ne la vaporise au fur et à mesure que les glandes sudoripares l'excrètent ; les appartements, faute d'aérage, retiennent l'acide carbonique expiré et les acides gras volatils exhalés par la peau.

C'est dans la juste balance des avantages et des inconvénients que se trouve la solution du problème hygiénique.

Forcé de se borner, M. Verriest ne parle cette fois en détail que des habits, réservant pour une prochaine réunion la question des habitations.

Le R. P. Carbonnelle expose les résultats les plus saillants et quelques conséquences d'un travail présenté par lui à la première section et publié plus loin dans la deuxième partie. L'objet de ce travail est le calcul de la quantité de chaleur envoyée chaque jour par le soleil aux différents points des planètes, et notamment de la terre que nous habitons. Il ne s'agit pas directement de la température de ces points, ni de la manière dont la chaleur solaire s'y partage entre l'air atmosphérique et la surface solide ou liquide du globe, mais seulement de la quantité de chaleur qui tombe en chaque endroit, à la limite de l'atmosphère, sur une surface plane égale à l'unité.

A première vue l'on croirait assez naturellement que le maximum de cette chaleur diurne se trouve toujours dans la zone torride, et que de là elle va toujours en décroissant jusqu'aux pôles. Il n'en est rien. Supposons, par exemple, que le soleil soit, comme il est aujourd'hui, 27 avril, à 14 degrés au nord de l'équateur. Suivons tout un méridien depuis le pôle sud jusqu'au pôle nord. Nous trouvons d'abord un arc de 14 degrés tout le long duquel la chaleur diurne est nulle, car on n'y voit pas le soleil pendant les 24 heures. Au delà elle va toujours croissante, non-seulement jusqu'à l'équateur, non-seulement jusqu'au point situé par le 14me degré de latitude nord, point où le soleil est vertical à midi, mais encore au delà jusque tout près du 23me degré. Continuons à marcher vers le nord, nous la verrons décroître; mais longtemps avant d'être au pôle, quand nous serons près du 76me degré, elle passera par un minimum, et croîtra ensuite continuellement jusqu'au pôle. Aujourd'hui donc, tout le long d'un parallèle qui passe un peu au nord de Calcutta, à la Mecque, dans le grand désert, à Cuba, au Mexique, on a le maximum de chaleur diurne; et le pôle nord est loin d'être le point le moins favorisé.

La raison de ces faits est que la chaleur diurne augmente non-seulement avec la hauteur méridienne du soleil, mais encore avec la longueur du temps que le soleil passe sur l'horizon. Or, ce temps augmente d'une manière continue depuis l'équateur jusqu'au pôle, ou plutôt jusqu'au cercle polaire variable où le soleil rase à minuit l'horizon.

Le maximum est toujours entre le pôle et l'endroit où le soleil est vertical à midi. Le minimum est toujours entre le maximum et le cercle polaire variable. Le pôle éclairé est toujours un second maximum.

Le jour du solstice d'été, le maximum passe à peu près à Bayonne, à Marseille, à Toulon, à Pise, à Florence, au nord de Raguse, fort au nord de Constantinople, à Khiva, à Pékin, à New-York, à Boston et au nord de San Francisco. Le même jour le minimum passe près de Saint-Pétersbourg, de Stockholm et de Christiania, par les îles Shetland au nord de l'Écosse et par l'Amérique russe.

A mesure que le soleil s'éloigne de l'équateur, le maximum et le minimum, marchant en sens inverse, se rapprochent l'un de l'autre. Si, ce qui n'arrive pas pour la terre, la déclinaison atteignait 25°, ces deux points se confondraient, c'est-à-dire qu'il n'y aurait plus ni maximum ni minimum, et que la chaleur diurne irait toujours croissante depuis le point où elle est nulle, jusqu'au pôle de l'autre hémisphère.

La chaleur diurne du pôle croît avec la déclinaison du soleil. Il arrive même un moment où elle est égale à celle de l'équateur, pour lui être ensuite supérieure. Ainsi sur la terre, depuis le 10 mai jusqu'au 2 août, c'est-à-dire pendant près de trois mois, le pôle nord reçoit chaque jour plus de chaleur que les points de l'équateur. Bien plus, la chaleur polaire arrive à dépasser la valeur du maximum dont on vient de parler.

Depuis le 23 mai jusqu'au 19 juillet, le pôle reçoit chaque jour plus de chaleur que n'importe quel autre point de la terre. Enfin le minimum lui-même croît aussi avec la déclinaison du soleil; et à un certain moment il dépasse la chaleur diurne de l'équateur lui-même. Depuis le 13 mai jusqu'au 29 juillet, c'est-à-dire pendant près de onze semaines, les points de l'équateur sont de tout l'hémisphère nord, ceux qui reçoivent du soleil le moins de chaleur dans les vingt-quatre heures.

Pour appliquer ces résultats à la géographie, c'est surtout l'état de la région polaire qu'il faut considérer. Nous voyons que pendant près de trois mois cette région est extrêmement favori-

sée. Cela nous explique la rapidité et la vigueur de la végétation constatée en Sibérie pendant cette saison. Cela pourrait probablement servir d'argument en faveur de la mer polaire.

Mais voici une application, peut-être plus importante, à la géologie. M. Croll, célèbre géologue écossais, est l'auteur d'une théorie qui donne pour cause à la période glaciaire la grande valeur qu'aurait eue durant cette période l'excentricité de l'orbite terrestre.

Si cette théorie était vraie, elle aurait une immense importance; car, grâce à la mécanique céleste, nous pouvons calculer, avec une grande exactitude, la valeur variable de cette excentricité pendant plusieurs millions d'années dans le passé ; il s'ensuivrait donc que nous pourrions fixer, non-seulement l'âge relatif, mais la date précise de la période glaciaire et par suite de bien d'autres phénomènes géologiques. Ainsi M. Croll trouve que, si ses idées sont justes, la dernière période glaciaire a fini, il y a quatre-vingt mille ans, et a commencé il y a deux cent quarante mille ans. Bien plus, en joignant à cette théorie la considération du temps bien connu que notre périhélie met à se déplacer, on pourrait presque décrire d'avance toutes les alternatives de froid et de chaud qui, pendant cette longue période de cent soixante mille ans, se sont produites dans les deux hémisphères.

La théorie de M. Croll est loin d'être prouvée ; mais elle le serait, si l'on établissait le théorème suivant qui, en réalité, lui sert de base :

La même quantité de chaleur qui, distribuée *uniformément* pendant toute l'année, produirait dans une région une sorte d'été perpétuel, sera accompagnée d'une période glaciaire dans cette même région[1], si elle est donnée presque tout entière pendant un été court et chaud, suivi d'un hiver long et froid.

Eh bien! les résultats du calcul exposés plus haut semblent fournir le moyen de contrôler ce théorème.

En effet, des six mois d'été, il y en a trois pendant lesquels la région polaire reçoit plus de chaleur que les régions équatoriales, et trois pendant lesquels elle en reçoit moins; on peut donc

regarder les quantités reçues pendant ces six mois, comme à peu près égales de part et d'autre. Pendant les six mois qui suivent, le même pôle ne reçoit plus rien; l'équateur, au contraire, reçoit autant que précédemment, de sorte que la part annuelle du pôle est à peu près la moitié de la part annuelle de l'équateur. Si donc on parvenait à rendre deux fois plus actifs les rayons qui vont aux régions polaires, on pourrait dire qu'elles reçoivent fort inégalement la même chaleur qui, uniformément distribuée, entretient à l'équateur un été perpétuel. Dans ces conditions, si les régions polaires étaient encore couvertes de glace, le théorème de M. Croll serait établi; mais si la glace s'y fondait toute pendant l'été, ce théorème devrait être rejeté.

La supposition d'une intensité double n'est pas une simple rêverie. Nous ne pouvons pas la produire pour les pôles de la terre; mais elle existe pour les pôles de la planète Vénus; car à la distance de Vénus, l'intensité de la chaleur solaire est double de ce qu'elle est sur la terre. Suivant donc que les pôles de cette planète, observés attentivement avec la lunette et le polariscope, révéleraient ou non la présence de glaces perpétuelles, la théorie de M. Croll se trouverait fort appuyée ou rendue fort peu probable; car pour la constitution de son atmosphère, cette planète semble fort analogue à la terre. Tout récemment pendant le passage de Vénus sur le soleil M. Tacchini, qui observait ce passage au Bengale, a constaté par le spectroscope que l'atmosphère de Vénus renferme de la vapeur d'eau. Il peut donc s'y former de la glace. Vu la grande importance de la théorie de M. Croll pour la détermination des époques géologiques, nous devons désirer qu'un habile astronome, muni des ressources nécessaires, étudie, comme nous l'avons indiqué, la surface de cette planète.

IV.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE DU JEUDI 27 JUILLET 1876.

M. P. De Heen lit un travail sur les méthodes employées pour l'évaluation du diamètre réel des étoiles. Nous en donnons ici le résumé :

Jusqu'à ce jour deux méthodes seulement ont été imaginées pour déterminer le diamètre réel des étoiles; la première est basée sur la photométrie, la seconde sur les phénomènes d'interférence.

Méthode photométrique. — La photométrie nous permet d'évaluer grossièrement le diamètre réel des étoiles. En effet, Wollaston a trouvé que 20,000 millions d'étoiles, semblables à Sirius, pourraient répandre sur la terre une lumière égale à celle du Soleil. Supposant alors Sirius intrinsèquement aussi éclatant que le Soleil, on conclut que son diamètre apparent doit être un quarantième de seconde. Mais comme il paraît que son éclat intrinsèque est fort supérieur, le diamètre ainsi trouvé serait fort exagéré.

Connaissant la parallaxe de Sirius, nous pouvons déterminer son diamètre exprimé en lieues, et nous trouvons 12,000,000, soit trente fois le diamètre du Soleil, ce chiffre étant un minimum, comme nous l'avons vu.

On voit que la principale difficulté se trouve dans la détermination de l'éclat intrinsèque des étoiles. Les moyens d'évaluer cet élément manquaient complétement à Arago, auteur de cette méthode, car l'étude spectrale seule peut nous donner quelques indications à ce sujet. En effet, on peut affirmer comme très-probable que *les étoiles offrant les mêmes caractères spectraux*

que le Soleil, ou appartenant au même type, ont aussi sensiblement le même éclat intrinsèque.

Arcturus se prête donc particulièrement bien à cette évaluation. En suivant pour cette étoile une marche analogue à celle de Wollaston pour Sirius, j'ai trouvé pour diamètre réel 4,700,000 lieues, soit environ douze fois le diamètre du Soleil, valeur qui n'est probablement pas fort éloignée de la vérité.

On voit donc que si l'on admet pour Arcturus une densité égale à celle du Soleil, sa masse sera environ 1,700 fois plus considérable que celle de ce dernier.

Méthode basée sur les phénomènes d'interférence. — On sait qu'il existe pour la plupart des phénomènes d'interférence une relation remarquable entre la grandeur des franges et celle de la source lumineuse, et que les franges ne peuvent prendre naissance que lorsque la source lumineuse n'a plus de dimensions angulaires sensibles.

Si l'on place devant l'objectif d'une lunette deux fentes parallèles A et B symétriquement disposées par rapport au centre optique de l'objectif, on sait qu'en faisant tomber sur l'écran des rayons parallèles issus d'une même source on obtient au foyer des franges de Young, et que l'angle sous lequel la distance des deux premières franges noires est vue du centre optique de l'objectif est exprimé par la formule $x = \frac{103,1}{l}$, l représentant la distance des fentes A B, évaluée en millimètres; c'est-à-dire que l'angle x est inversement proportionnel à la distance des deux fentes; remarquons encore que, pour que les franges disparaissent, il suffit que le diamètre de la source lumineuse soit égal à l'angle x.

Pour appliquer cette théorie à l'évaluation du diamètre des étoiles, M. Stéphan a disposé sur son télescope de $0^m,60$ un écran muni de deux fentes distantes de $0^m,50$; il pensait que cette distance aurait suffi pour faire disparaître les franges produites par les principales étoiles, et particulièrement celles de Sirius auquel il croyait par conséquent pouvoir attribuer un diamètre de $0'',2$ environ. Nous avons cependant vu que ce dia-

mètre ne dépasse certainement pas $\frac{1}{40}$ de seconde. Arcturus sous-tendrait $\frac{1}{100}$ de seconde.

Il faudrait pour évaluer de semblables arcs que la distance entre les deux fentes fût de dix mètres environ, ce qu'on ne pourrait obtenir qu'en faisant converger les foyers de deux miroirs indépendants en un même point. Mais il s'élève alors une difficulté d'un autre genre qui, je crois, doit faire rejeter ce procédé d'observation. A mesure que l'angle x devient plus petit, l'observation des franges devient aussi plus difficile; déjà avec un écartement des franges de 0″,2, M. Stephan avait dû employer un grossissement de mille diamètres. Comment donc parviendrait-on à apercevoir des franges distantes de 0″,01 ?

M. l'abbé Lecomte développe les considérations suivantes sur *le darwinisme et l'expression des émotions dans ses rapports avec l'origine de l'homme.*

On connaît l'idée générale du darwinisme. A en croire ce système, tous ces êtres vivants qui peuplent la terre, sans en excepter l'homme, descendent de quelques types ou plus vraisemblablement d'un seul type. D'après Darwin, les caractères communs à l'homme et aux animaux doivent être considérés comme un legs que nous avons hérité avec eux d'un même ancêtre.

Ce naturaliste ne procède pas autrement dans l'étude qu'il a faite de la manière dont nous exprimons nos émotions. Ici aussi, il veut prouver que l'expression des émotions et même des sensations chez l'homme est le plus souvent une faculté héritée de nos progéniteurs simiens. Or cette preuve, il prétend la trouver dans les caractères plus ou moins similaires des expressions chez l'homme et chez les animaux.

M. Lecomte s'arrête à exposer quelques-uns des faits invoqués par Darwin, notamment la toux, l'éternument et le hérissement. Bornons-nous à citer quelques passages relatifs au développement des facultés musicales.

« Qui de nous, dit M. Lecomte, en assistant à un concert, n'a senti son âme errer sous l'impression des émotions les plus diverses? Si la musique pleure, si elle gémit, si elle respire

l'ivresse d'une ardeur guerrière, nous pleurons, nous gémissons, nous sommes bouillants de courage avec elle. C'est là un fait dont tout le monde a l'expérience : la musique excite au plus haut point les émotions humaines. De même dans les élans passionnés des grands orateurs, la cadence et le rhythme du discours, les inflexions de la voix, qui tantôt s'élève et tantôt s'abaisse, contribuent beaucoup à l'impression profonde qu'ils produisent sur leurs auditeurs. D'où vient cette relation entre la musique et les émotions qu'elle éveille? . . . .

. . . .

» Vous savez tous que de nombreux oiseaux peuvent chanter, c'est-à-dire, exécuter des airs dans lesquels les sons émis sont séparés par des intervalles musicaux. On sait aussi que dans ces joutes musicales, les oiseaux expriment et éveillent chez les autres leurs passions diverses : la haine, l'amour, l'enthousiasme de la victoire. On connaît même quelques mammifères qui peuvent émettre des sons musicaux. Une espèce de singe, entre autres, le *gibbon agile*, qui possède une voix d'une extrême puissance, fait parfois retentir les forêts d'un chant de sa façon. Il exécute alors une octave complète qu'il parcourt en montant et en descendant au moyen de demi-tons. Darwin insiste particulièrement sur cet exemple, parce que, selon lui, ce gibbon est un de nos plus proches parents du règne animal.

» Or, de ces faits, le naturaliste anglais conclut, par analogie, que nos ancêtres, du temps qu'ils ne parlaient pas encore, *ont dû avoir* la faculté d'exécuter des chants musicaux..... Durant ces temps reculés, nos aïeux exprimaient donc et éveillaient chez les autres, au moyen du chant, d'ardentes passions et de vives émotions. C'étaient pour eux le chant de la haine et de l'amour, le clairon de l'attaque et la fanfare de la victoire.

» Les émotions qu'éveille en nous l'exécution d'un morceau de musique s'expliqueraient donc, au sens de Darwin, par ces mœurs de nos ancêtres velus. Par suite d'une habitude longuement invétérée chez eux, l'éveil des passions et des émotions s'est associé avec les accents d'une voix musicale. Cette association s'est transmise à travers la longue chaîne de leurs descendants,

et voilà pourquoi chez nous aussi l'harmonie musicale est une source féconde d'émotions..... »

Après avoir exposé les idées de Darwin, M. Lecomte en aborde la critique. Nous la résumons en quelques points :

1° Rien ne prouve que les phénomènes similaires présentés par l'homme et les animaux soient hérités d'un même ancêtre. Cette assertion manque de base logique.

2° Les rapprochements que Darwin imagine entre l'homme et la bête sont souvent tout à fait forcés. M. Lecomte cite comme exemple la manière dont procède le naturaliste anglais, pour établir que le singe de Barbarie jouit de la faculté de rire.

3° Les côtés les plus élevés de l'émotion humaine, ceux qui tiennent à nos facultés les plus nobles et qui nous séparent complétement de la bête sont généralement dissimulés ou à peine touchés par Darwin. Il en résulte un tableau de nos expressions émotionnelles où les proportions sont nécessairement faussées, et qui, par suite, ne peut conduire qu'à des conclusions inexactes.

4° Darwin ordinairement n'aborde pas *en détail* la genèse des phénomènes émotionnels; il se borne à des généralités. Il est pourtant quelques phénomènes, entre autres le hérissement, au sujet desquels le savant anglais est plus explicite. M. Lecomte a cru utile de suivre Darwin pas à pas dans sa théorie de l'évolution du hérissement. Or cette théorie a deux questions à résoudre :

Premièrement, comment le phénomène du hérissement s'est-il développé chez les animaux ?

Deuxièmement, faut-il chez l'homme y voir une expression héritée des animaux inférieurs?

En ce qui regarde la première question, M. Lecomte établit, d'abord, que Darwin en néglige le point essentiel. D'autre part, dans les difficultés qu'il aborde, Darwin tantôt apporte des solutions opposées à ses propres principes, et tantôt il présente mal le problème à résoudre.

En ce qui concerne la seconde question, puisque le darwinisme est impuissant à rendre acceptable l'évolution supposée du hérissement chez les animaux, l'application qu'il en fait à l'homme

tombe d'elle-même. De plus, il n'y a pas parallélisme entre le hérissement chez les animaux et les conditions de ce phénomène chez l'homme. Chez les animaux, il est essentiellement lié à une attitude de colère et de menace. Chez nous, au contraire, les cheveux hérissés sont essentiellement l'expression d'une grande terreur.

M. Lecomte conclut. « En réalité, Darwin, dans l'étude qu'il a entreprise des expressions émotionnelles, ne fait guère que se mirer dans ses propres idées. Il ne cesse d'affirmer l'évolution, et à force de l'avoir affirmée, il finit par croire qu'il l'a prouvée. »

V.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE DU LUNDI 23 OCTOBRE 1876.

Le R. P. Carbonnelle, secrétaire de la Société scientifique, lit le rapport suivant :

Messieurs,

Dieu a béni notre première année. La Société scientifique de Bruxelles, constituée le 18 novembre 1875, compte aujourd'hui plus de six cents membres. Elle a éveillé des sympathies, elle a recueilli des adhésions, non-seulement dans le pays qui l'a vue naître, mais parmi les savants chrétiens de toute l'Europe et du monde entier. Toutes les professions savantes, toutes les classes où l'étude est estimée comme un honneur et pratiquée comme un devoir, nous ont envoyé de nombreux représentants. Près de cent noms étrangers, inscrits sur nos listes, attestent que déjà on nous connaît au loin. Chacune de nos circulaires doit aujourd'hui être envoyée en Allemagne, en Angleterre, aux Antilles, en Autriche, en Bavière, aux États-Unis, en France, en Hollande, en Irlande, en Italie et jusque dans l'Inde et la Chine.

Plusieurs savants missionnaires de ces contrées lointaines sont

membres de notre Société. Qu'il me soit permis de leur envoyer d'abord, par delà les monts et les mers, les vœux que nous formons pour eux. Sans doute nous ne pouvons désirer que ces pionniers de la civilisation et de l'Évangile abandonnent les avant-postes pour venir assister à nos délibérations; mais nous espérons qu'ils nous enverront de temps en temps le résultat des recherches et des études qu'ils poursuivent dans ces pays si peu connus.

Nos publications garderont ainsi la trace des services qu'ils rendent là-bas aux sciences naturelles, à la linguistique, à l'ethnographie, à la géographie, à la météorologie, à l'astronomie. L'un d'eux, le R. P. Lafont, achève en ce moment à Calcutta, grâce au généreux concours du gouvernement anglais de l'Inde, grâce à une souscription à laquelle catholiques et protestants se sont empressés de contribuer, la fondation d'un observatoire héliospectroscopique qui promet d'être fort utile à la science; car il doit, par l'observation quotidienne de la chromosphère, des protubérances et des taches, combler les lacunes que les nuages introduisent sans cesse, pendant nos mois d'hiver, dans les observations similaires de l'Europe et des États-Unis. Ceux d'entre nous qui connaissent le directeur du nouvel observatoire, ne doutent pas qu'un résumé de ses travaux futurs, publié dans nos Annales, ne contribue efficacement à en rehausser la valeur.

Plus près de nous, d'autres membres étrangers nous prêtent un concours plus actif. Vous aurez, dans quelques instants, le plaisir d'entendre un géologue français qui a fait personnellement de nombreux sondages et de longues études préparatoires à la construction du tunnel sous la Manche. Vous comprendrez sans peine, en écoutant cette parole qu'on a déjà tant de fois applaudie à l'ancienne École des Carmes, c'est-à-dire à la nouvelle Université catholique de Paris, vous comprendrez que certaines personnes redoutent la concurrence de l'enseignement libre.

L'astronome anglais et, pourquoi ne le dirais-je pas, le Jésuite à qui l'Angleterre a confié le commandement de la double expédition astronomique de Kerguélen, nous parlera de ce passage de Vénus sur le Soleil, qu'on attendait depuis plus d'un siècle pour

rectifier nos mesures de la parallaxe solaire, c'est-à-dire à peu près toutes nos mesures de longueur dans le ciel.

Un autre astronome dont la réputation est depuis longtemps universelle, le R. P. Secchi, qui fut un des premiers à nous donner son nom, avait pris, lui aussi, la résolution d'assister à notre premier congrès annuel. Quel bonheur c'eût été pour nous d'être initiés par lui à quelqu'une de ces importantes études qui ont illustré l'Observatoire du Collége Romain ! Hélas! le triste état de sa santé et la défense formelle des médecins se sont opposés à l'exécution de ce projet; mais nous exprimons le vœu et nous gardons l'espoir de le voir se réaliser l'année prochaine. Aujourd'hui j'ai, du moins, la consolation de vous annoncer qu'une lettre de lui paraîtra dans notre prochain volume, résumant et rapprochant les conclusions éparses dans le grand ouvrage sur le Soleil, dont il achève en ce moment la publication.

Un savant ingénieur, dont le nom est aujourd'hui répété par tous les échos des États-Unis, le général John Newton, nous avait dès l'année dernière envoyé son adhésion. Les vastes travaux sous-marins qu'il exécute dans le port de New-York, et qui ont reçu, le 24 septembre dernier, la consécration d'un éclatant succès, ne lui permettent pas de se joindre à nous aujourd'hui; mais quoique séparé de Bruxelles par un océan, il y sera dignement représenté. Un de nos géologues a heureusement reçu des documents qui lui permettront de nous parler de cette gigantesque entreprise.

Plusieurs autres savants étrangers, que l'âge ou leurs fonctions retiennent loin de nous, nous ont du moins envoyé des communications écrites qui seront insérées dans notre premier volume. Je citerai en particulier le vénérable docteur Heis, de Munster, et un membre de l'Institut de France, l'un des plus éminents parmi les géomètres contemporains; le même qui ne voulut accepter le titre de *membre honoraire* qu'à la condition de pouvoir en même temps s'inscrire parmi les *membres fondateurs*.

Vous le voyez, Messieurs, nous pouvons nous féliciter du concours que nous prêtent les savants chrétiens étrangers à la

Belgique; nous avons le droit de montrer avec fierté leurs noms mêlés aux nôtres.

Une plus grande réserve nous est naturellement imposée à l'égard des noms belges. Je le disais tout à l'heure, toutes les classes instruites de la nation se sont empressées d'en inscrire sur nos listes. Le clergé, la noblesse, la magistrature, le barreau, le corps médical, l'armée, le génie, l'industrie, les académies, les universités et les colléges y sont représentés. Nous devrions peut-être nous borner à cette remarque; mais la reconnaissance ne peut tolérer une réserve si générale, et je demande la permission de faire une exception.

Il est bien juste, Messieurs, de le proclamer; c'est à l'Université de Louvain que nous devons, en Belgique, le plus clair de nos forces. Comptez les noms de ses professeurs, de ses docteurs en sciences, en droit, en philosophie, de ses ingénieurs, de ses médecins. C'est toute une armée de troupes d'élite. Qui donc nous a envoyé ces vaillants coopérateurs? Qui les a groupés autour de notre devise, en leur inspirant à la fois l'amour de la science et l'amour de la religion. Aucun doute n'est permis à cet égard. Ce double amour est évidemment la vie de notre grande Université, il renferme tout le secret de ses triomphes. Ses adversaires le savent bien et c'est même pour cela qu'ils jalousent son immense succès. C'est pour la même raison que les nouvelles universités françaises ont soulevé tant d'animosités, et se sont vues en butte à des attaques si peu loyales. Puissent-elles cependant, malgré ces obstacles, grandir comme leur aînée, et répandre autour d'elles le même souffle de vie et les mêmes lumières. Nous avons le droit de formuler ce vœu, tandis que nous saluons la noble institution qui fait l'honneur de la Belgique; car dans plusieurs de ces jeunes facultés, notamment dans celles de Paris et de Lille, nous comptons déjà d'éminents confrères; et nous désirons leur être, à toutes, dans quelques années, aussi redevables que, dès aujourd'hui, nous le sommes à Louvain.

Nous devons en effet nous recruter sans cesse; il ne faut pas que nos rangs s'éclaircissent. Les démissions sont rares, sans

doute ; il s'en est produit quatre pendant toute l'année. Mais la mort nous a déjà enlevé douze associés. Qu'il me soit permis d'en rappeler quelques-uns à vos regrets. A l'étranger, M. Diorio, l'illustre secrétaire de l'Académie pontificale des *Nuovi Lincei;* M. Charles Sainte-Claire Deville, membre de l'Institut qui, après avoir parcouru en géologue une bonne partie de l'Europe, des Antilles, des Canaries et des îles du Cap-Vert, fonda l'Observatoire de Montsouris, et couvrit l'Algérie et le Sahara de stations météorologiques ; enfin le R. P. de Valroger, de l'Oratoire de Paris, auteur de nombreux travaux sur les questions si importantes où la science se mêle à la philosophie et à la théologie. Ce prêtre, si dévoué et si estimé, fut un des premiers qui cherchèrent à nous faire connaître en France, et nous lui devons d'importantes adhésions. En Belgique, bornons-nous à mentionner ici deux professeurs des plus distingués, l'un, M. Krans, arrêté presque au début d'une carrière déjà brillante, l'autre, M. le docteur Hubert, membre de notre premier Conseil, appelé à la récompense éternelle après une longue vie d'étude et de dévouement.

A ces souvenirs de deuil, nous pouvons du moins associer cette pensée consolante que, si la collaboration nous est retirée, les exemples nous restent. Ils contribueront à entretenir en nous l'esprit qui animait nos regrettés confrères, l'esprit de travail.

Il ne m'appartient pas de dire et de prouver ici que cet esprit n'a cessé de régner dans nos réunions. Le compte rendu de nos quatre sessions sera bientôt publié ; c'est donc à ce compte rendu qu'il convient de laisser la parole. Mais je puis bien relever une remarque qui a été faite : c'est que le caractère chrétien de notre association nous rend à tous le travail plus facile. Il inspire à nos travailleurs une confiance réciproque qui leur permet de se communiquer les uns aux autres non-seulement les études achevées sur lesquelles on ne craint pas d'appeler la critique, mais jusqu'aux projets de recherches pour lesquels on est heureux de recevoir des conseils bienveillants. C'est cette confiance qui a rendu si attrayantes nos réunions en sections ; j'en parle par expérience et je sais que là-dessus beaucoup de nos confrères pensent absolument comme moi.

Je reviens à nos *Annales* dont le premier volume se prépare activement en ce moment. Plusieurs feuilles en sont déjà imprimées, et si les auteurs, notamment ceux qui doivent prendre la parole dans la présente session, ne font pas trop attendre leurs manuscrits et leurs épreuves, il y a lieu de croire qu'il pourra être envoyé à tous nos membres avant la fin de l'année. Chaque auteur recevra de la Société cinquante exemplaires tirés à part de son travail, et il pourra en outre, d'après les conventions faites avec M. Hayez, notre imprimeur, se procurer autant d'exemplaires qu'il voudra au prix de cinq centimes la feuille. J'ajoute que, suivant une résolution du Conseil, les volumes suivants pourront, s'il y a lieu, paraître en fascicules successifs, afin de ne pas différer trop longtemps la publication des travaux présentés et approuvés pendant l'année.

Le conseil a également décidé que la première livraison de la *Revue des questions scientifiques* paraîtrait au mois de janvier prochain. Nous avions espéré commencer plus tôt cette importante publication. Le principal obstacle a été, il faut bien le reconnaître, la difficulté de recueillir à l'avance un nombre suffisant d'abonnements. Nous avions pensé que, vu le grand nombre de nos associés, cette difficulté ne serait pas si grande; et cependant, aujourd'hui encore, nous atteignons à peine le nombre de trois cent cinquante. Mais on nous a souvent fait observer que l'abonné n'aime pas à s'engager dans l'inconnu; que beaucoup de personnes demandent à voir un premier numéro; qu'en Belgique et à l'étranger les journaux ne peuvent guère nous faire connaître sans nous avoir lus; bref, qu'une livraison bien composée, bien écrite, montrant clairement la portée et l'utilité de cette entreprise, vaudrait mieux que tous les prospectus. Le conseil, se rendant à ces raisons, a cru pouvoir essayer une première année. C'est en faisant un nouvel appel à l'activité et au zèle de nos membres, que nous vous annonçons cette résolution. Nos commissaires se chargent de recueillir, pendant cette session même, les noms et les adresses des nouveaux abonnés; espérons que leur dévouement sera heureux; car il faut que cette première année réussisse, il faut qu'elle soit suivie d'une longue et florissante série.

Cette revue, en effet, nous est presque indispensable, si nous voulons atteindre efficacement le but de notre association. Nous avons résolu, d'après l'article 2 des statuts, de favoriser, conformément à l'esprit de notre devise, l'avancement et la diffusion des sciences. Or nos *Annales*, adressées presque uniquement aux savants, envoyées surtout à nos membres, ouvertes seulement aux recherches originales, ont principalement en vue de faire avancer la science. Il nous faut donc un second recueil destiné à la répandre. Voilà pourquoi, d'après l'article 3, nous devons tâcher de rendre possible la publication d'une revue destinée à la vulgarisation. C'est là que les découvertes qui viennent sans cesse augmenter le trésor de nos connaissances scientifiques seraient exposées et discutées de manière à être facilement comprises et appréciées par tout lecteur instruit, mais non spécial; c'est là aussi que seraient traitées les questions, aujourd'hui si importantes, où la science et la philosophie se rencontrent, à la limite commune de leurs domaines; c'est là enfin que, pour l'honneur de la science encore plus que de la religion, seraient réfutées les erreurs souvent monstrueuses que le charlatanisme des sectaires contemporains essaye d'accréditer au nom de la science.

Depuis un siècle, l'importance sociale de la science a singulièrement grandi. Je ne fais pas allusion, Messieurs, aux progrès inattendus, incroyables, qu'elle a réalisés dans l'ordre matériel. Ces triomphes-là nous environnent et nous pressent de toutes parts; on peut se dispenser de les signaler. Ils remplissent les continents et les îles, on les rencontre sur toutes les mers; ils planent dans les hauteurs de l'atmosphère, ils serpentent au fond des océans. Tout cela est grand sans doute, et d'une valeur considérable pour la société; mais ce qui doit nous paraître plus important encore, au point de vue social, ce sont les conquêtes qui, sur plusieurs points, ont amené la science jusqu'au voisinage de la ligne où commence la philosophie. Pour ne citer qu'un exemple, mais un exemple remarquable, l'étude scientifique des phénomènes vitaux dans les plantes, dans les animaux et dans l'homme a fait, depuis quelques années, des progrès très-sérieux

dans cette direction. La physiologie, éclairée elle-même par la mécanique, jette déjà ses reflets sur les problèmes psychologiques de la sensation et du mouvement volontaire. Croyez-vous que sur ce terrain, qui confine à la morale, près duquel se traitent les intérêts les plus élevés de l'homme, la science, même spéculative, ne doive pas, avec l'autorité de ses méthodes et de ses succès, être considérée comme une puissance sociale? Les ennemis de la vérité n'ont là-dessus aucun doute; ils s'empressent de s'attribuer le monopole de cette puissance, et avec la jactance qui les a toujours caractérisés, ils proclament au nom de la physiologie le triomphe du matérialisme. Ces prétentions seraient ridicules, si elles n'étaient pas si dangereuses; mais elles menacent une philosophie qui est la base de la religion; nous ne pouvons pas les mépriser, nous devons les combattre, nous devons les réfuter, par amour pour la religion sans doute, mais au nom de la science et, comme je le disais, pour l'honneur même de la science. Il faut pour cela que le physiologiste s'instruise en philosophie, il faut que le philosophe s'instruise en physiologie. Or la revue que nous voulons fonder sera une véritable salle de conférences ouverte à cet enseignement mutuel. C'est donc une œuvre vraiment sociale, une œuvre digne de notre association; car d'après nos statuts nous sommes tous de « ceux qui reconnaissent l'importance d'une culture scientifique sérieuse pour le bien de la société. »

Ce que nous venons de dire de la philosophie spiritualiste s'applique aussi à la religion révélée. Les progrès de la géologie de la paléontologie, de l'ethnographie, de la linguistique, peuvent souvent servir à mettre en lumière la véracité de nos livres saints; mais on peut plus souvent encore, quand on n'est pas trop difficile sur la logique et sur l'honnêteté, s'en servir pour attaquer la révélation. Les adversaires inquiets du christianisme ne manquent aucune de ces occasions. Nous devons donc les surveiller sans cesse, nous devons les déloger chaque jour impitoyablement de toutes les broussailles où ils vont s'embusquer. Telle sera la polémique de notre revue. Ce n'est pas notre unique devoir, mais c'est celui que nous indique le plus naturel-

lement notre belle devise : *Nulla unquam inter fidem et rationem vera dissensio esse potest.*

Nous sommes fiers de cette devise, et nous la soutiendrons toujours; nous la mettrons en lumière dans notre revue, dans toutes nos publications, dans tous nos travaux. Ainsi nous justifierons l'accueil favorable que nous ont fait ceux que Dieu lui-même a placés dans ce monde pour y conserver le précieux dépôt de la foi. La bénédiction du Pontife suprême a consacré notre séance d'inauguration. L'illustre cardinal-archevêque de Malines qui nous a toujours puissamment encouragés, a voulu depuis recommander publiquement nos intentions et nos œuvres. Le premier volume de nos *Annales* passera bientôt sous les yeux de ces pasteurs vénérés, et nous espérons qu'il ne leur fera pas regretter leur bienveillance.

Nous pouvons certainement la mériter toujours; car nos intentions sont droites, nos forces sont nombreuses, et nous en multiplions la valeur en les associant. Grâce à l'association, chacun de nous peut efficacement concourir à cette grande œuvre, non-seulement ceux que leurs fonctions condamnent, pour ainsi dire, aux recherches scientifiques, mais tous, absolument tous. Nous le pouvons du moins en nous intéressant à ces recherches, quand nos savants confrères viennent ici nous en exposer les résultats, en les faisant connaître, en leur fournissant même, dans la mesure du possible, le secours indispensable de la contribution pécuniaire. Chacun, en apportant son concours, doit pouvoir compter sur celui des autres. Pourquoi, par exemple, ne verrions-nous pas s'allonger la liste de nos membres fondateurs? Plusieurs de nos membres ordinaires ont jadis annoncé l'intention de s'inscrire un jour sur cette liste; l'un d'entre eux vient de ratifier cet engagement; il est à désirer qu'il trouve des imitateurs. Nous voudrions avoir à Bruxelles un local toujours accessible à nos membres, une bibliothèque où se conserveraient nos archives et les ouvrages que nos auteurs s'empresseraient d'y envoyer, où nos travailleurs pourraient aisément consulter les recueils et lire les publications scientifiques. Nous voudrions faciliter parfois à nos savants les recherches expérimentales, tou-

jours dispendieuses. Nous voudrions surtout assurer l'avenir de notre Revue. On n'a vraiment pas à craindre que le capital soit chez nous sans emploi.

Il faut d'ailleurs le reconnaître; nous avons jusqu'à ce jour rencontré dans la Société une bonne volonté et un dévouement qui sont de bon augure. Je n'en veux pas donner les preuves, l'énumération serait trop longue; mais ici encore je dois faire une exception. Ces magnifiques salons, où nous nous assemblons pour la quatrième fois, s'étonneraient sans doute, après le gracieux empressement qui les a toujours mis à notre disposition, si votre secrétaire ne mentionnait ici avec gratitude le nom du prince Eugène de Caraman-Chimay. Retenu aujourd'hui à Louvain par son dévouement à la cause des sociétés ouvrières, il ne peut nous entendre en ce moment; mais soyez assurés, Messieurs, que le conseil sera heureux d'être auprès de lui l'interprète de vos sentiments.

Autour de nous et, pour ainsi dire, dans notre voisinage, nous avons également rencontré d'actives sympathies; et je n'ai pas besoin d'en chercher les preuves bien loin. Notre dernière circulaire vous annonçait l'aimable invitation que nous adresse pour ce soir la Société d'Émulation; pour demain les plus beaux talents artistiques du Conservatoire et de la capitale se sont mis généreusement à notre disposition; enfin le Cercle catholique de Bruxelles, dont la section chorale a voulu aussi contribuer à ce concert, n'a cessé depuis notre premier jour de nous rendre de précieux services. N'est-il pas consolant de voir ainsi les lettres, les beaux-arts et les convictions religieuses fraterniser avec la science?

Il me reste à dire un mot des élections. C'est pendant cette session que le conseil de la Société doit être renouvelé. Les statuts exigent que le président et les deux vice-présidents quittent le bureau, mais ne prononcent aucune autre exclusion. Il vous est donc permis de les maintenir au conseil. Quant au règlement adopté pour le vote, il a été communiqué à tous les membres dans la circulaire du 27 septembre; mais il peut être utile de le rappeler. Les bulletins seront reçus depuis le lundi à deux heures

jusqu'au jendi à dix heures du matin, et la proclamation des élus se fera quelques heures plus tard, à la dernière Assemblée générale. Pour faciliter l'élection, des listes imprimées de tous les membres de la Société seront déposées sur les bureaux des sections; et les listes de candidats que des membres voudraient proposer à l'acceptation de leurs collègues seront affichées dans la salle principale, avec la signature de ces membres. J'ajoute que pour rendre les opérations plus rapides, les listes de candidats qui seraient ainsi proposées peuvent être désignées chacune par une des lettres de l'alphabet, et que les électeurs qui adopteraient l'une d'entre elles peuvent, au lieu des ving tnoms de cette liste, se contenter d'inscrire la lettre correspondante sur leur bulletin.

Les bureaux de sections doivent aussi être renouvelés; mais ici une seule chose est exigée par les Statuts : on n'est électeur qu'à condition d'être inscrit sur la liste de la section. Pour tout le reste le Conseil a pensé qu'il valait mieux laisser chaque section faire elle-même son règlement à l'ouverture de ses travaux.

En terminant, je dois, Messieurs, au nom du Bureau et du Conseil tout entier, vous présenter nos vifs remercîments pour le concours empressé que vous nous avez apporté, et pour l'affectueuse bienveillance que vous nous avez toujours témoignée.

M. Gillis, trésorier, lit le rapport suivant :

Messieurs,

Conformément à l'article 13 de nos Statuts, votre trésorier a l'honneur de vous présenter le compte détaillé des recettes et des dépenses de l'exercice écoulé.

REVENUS DE L'ANNÉE 1876.

Total des cotisations ordinaires et annuelles, belges et étrangères	fr.	7,380	»
Intérêts semestriels perçus du capital placé . . .		391	50
	Fr.	7,771	50

RECETTES.

491 cotisations ordinaires et annuelles, belges et étrangères . . . . fr.	7,380	»
13 cotisations rachetées par 150 fr. chacune . .	1,950	»
20 fondations à 500 fr. chacune	10,000	»
Intérêts semestriels perçus du capital placé . . .	391	50
Fr.	19,721	50

DÉPENSES.

Frais de constitution et de sessions . . . . fr.	300	44
Frais d'impression, convocations, recouvrements par la poste, brochures	1,038	50
Frais de bureau, correspondance	226	65
Fr.	1,565	59
Achat de fr. 7,400 Belges à 104 (4 ½ p. %) . .	7,807	30
30 Lille à Calais (privilégiées) à 331	10,086	73
Mobilier	150	»
Pour balance en caisse au 1er octobre 1876. . .	111	88
Fr.	19,721	50

L'Assemblée nomme pour vérifier le compte rendu de M. le trésorier, MM. Émile Stinglhamber et Armand Brifaut.

M. A. de Lapparent, ingénieur des mines, professeur à l'Université catholique de Paris, entretient ensuite l'Assemblée du projet de tunnel et de chemin de fer sous la Manche. Voici le résumé de cette conférence destinée à la *Revue des questions scientifiques :*

L'établissement d'une jonction directe entre l'Angleterre et le continent est une entreprise qui, en cas de succès, peut avoir des conséquences économiques sérieuses. Mais il est actuellement difficile d'en mesurer la portée et, pour le moment, ce projet doit être envisagé surtout au point de vue de l'intérêt des voyageurs, de plus en plus nombreux, qui font la traversée du détroit du Pas-de-Calais ([1]). Dans ces conditions, l'entreprise ne doit être tentée que si elle offre des chances suffisantes de succès, c'est-à-dire si l'on peut espérer que les frais de son exécution ne seront pas hors de proportion avec ses produits probables. L'intervention de la science est donc particulièrement opportune pour diminuer, s'il est possible, l'incertitude absolue qui, au premier abord, semble peser sur une tentative jusqu'ici sans précédents.

De tous les projets proposés pour unir l'Angleterre avec le continent, un seul peut être considéré comme exécutable. C'est celui d'un tunnel sous-marin. Tous les autres projets de ponts ou de tubes immergés, doivent être écartés pour ce seul motif, que leur exécution exigerait, dans une mer sujette à des courants rapides et offrant un jeu de marée de huit ou neuf mètres, des manœuvres auxquelles il est impossible de songer dans l'état actuel de l'art des constructions.

Au contraire, la profondeur de la mer entre Calais et Douvres n'excédant pas soixante mètres pour une distance de trente-deux kilomètres, rien n'est plus aisé, même en réservant, au-dessus de la voûte du tunnel, un massif protecteur de soixante ou quatre-vingts mètres, que de racheter cette différence de niveau à l'aide de deux rampes, dont l'inclinaison ne dépasserait pas les chiffres

---

([1]) On a compté en 1875 plus de 400,000 passages entre l'Angleterre et le continent.

admis sur tous les chemins de fer. L'aérage d'une galerie maçonnée rectiligne de cinquante mètres carrés de section étant d'ailleurs facile à assurer au moyen d'un ventilateur, tout se réduit à savoir s'il existe, sous le Pas-de-Calais, une couche de terrain présentant les qualités voulues au point de vue de la compacité, de l'imperméabilité et de la continuité.

L'étude des falaises qui bordent ces deux rives du détroit montre que, sur l'une et l'autre côte, les diverses assises de la craie se succèdent régulièrement, plongeant de quelques degrés au nord-est, avec une telle identité de caractères qu'on peut affirmer qu'elles font partie d'un même massif primitivement continu. Parmi ces assises, il en est une, la *craie grise*, limitée vers le bas, par une couche mince à points verts dite *marne glauconieuse*, qui est imperméable, suffisamment consistante, très-facile à entailler et offre une épaisseur constante d'une trentaine de mètres. Cette assise se poursuit certainement, sous la mer, d'une rive à l'autre du détroit; mais il se pourrait qu'elle fût traversée par des fentes en rapport avec les dislocations qu'on observe, en France dans le Bas-Boulonnais, en Angleterre dans le pays Wealdien. L'existence de fractures simples aurait peu d'inconvénients et l'on triompherait sans doute, à l'aide de précautions convenables, des infiltrations auxquelles elles donneraient lieu; mais s'il y avait des *failles,* c'est-à-dire des fractures avec dénivellation, où les deux portions de la couche fracturée auraient glissé l'une sur l'autre, on serait exposé, après avoir cheminé quelque temps dans une couche favorable, à se trouver tout d'un coup rejeté dans une assise dangereuse par sa perméabilité propre.

Pour éclaircir ce point délicat, on a eu l'idée de rechercher sous la mer, à l'aide de sondages superficiels, les affleurements des diverses couches de la craie, en un mot, de dresser la carte géologique du fond de la mer entre Calais et Douvres. Les lignes d'affleurement des couches étant les intersections de ces couches avec la surface connue du fond de la mer, suivant que ces lignes seront trouvées régulières, ondulées ou brisées, on sera en droit d'en conclure que les couches correspondantes sont continues, plissées ou traversées par des failles.

Une telle recherche n'est possible que si le fond de la mer est assez souvent dépourvu de sables et de graviers pour que le tube de fer adapté à la sonde entame le sol et en rapporte un échantillon. En outre, l'opération présente des difficultés spéciales en raison de la vitesse des courants et de la nécessité de repérer exactement, en pleine mer, la position de chaque coup de sonde.

Ces diverses difficultés ont pu être heureusement surmontées pendant les campagnes d'été de 1875 et de 1876 [1]. On a donné environ *sept mille six cents* coups de sonde, dont plus de *deux mille cinq cents* ont rapporté des échantillons du fond géologique, depuis le grès vert jusqu'à la craie blanche. L'étude de 1875 a montré qu'il y a, dans le voisinage immédiat de la côte française, au large de Sangatte, un pli régulier dont l'axe paraît dirigé de manière à faire espérer que le tracé du tunnel sera en dehors de son action. Depuis ce point jusqu'aux eaux anglaises, les affleurements se poursuivent avec régularité; mais leur direction, combinée avec celle qui prévaut sur la côte anglaise, indique qu'il doit y avoir un second pli près de cette côte. C'est à l'étude détaillée de ce pli qu'a été consacrée la campagne de 1876, dont les résultats définitifs ne sont pas encore connus, à cause du nombre considérable d'échantillons à examiner. En même temps on a exécuté sur la côte française, à Sangatte, un sondage où ont été faites jusqu'à 130 mètres de profondeur, c'est-à-dire jusqu'au grès vert, d'intéressantes expériences sur la perméabilité relative des diverses assises du massif crayeux.

De ces études combinées on déduira le tracé qui doit le mieux satisfaire à la condition de maintenir le tunnel dans la craie grise. Ainsi la géologie aura été appelée, dans cette circonstance, à rendre à l'art des travaux publics une partie des services qu'elle a si souvent reçus de lui.

---

(1) Les sondages ont été exécutés, sous la direction de M. A. Lavalley, administrateur-délégué de la Compagnie française du chemin de fer sous-marin, par MM. Larousse, ingénieur hydrographe, Potier et de Lapparent, ingénieurs des mines.

Discussion sur l'enseignement des mathématiques dans les colléges.

—

(COMPTE RENDU ANALYTIQUE).

M. LEFEBVRE, *président.* — J'ouvre la discussion sur la question de notre programme ainsi formulée : « L'enseignement des sciences et particulièrement des mathématiques dans les études moyennes. »

M. GILBERT. — Il y a quelque témérité à aborder cette discussion aride dans une assemblée encore sous le charme de la parole de M. de Lapparent, mais l'importance du sujet me servira d'excuse.

La question se présente dans des conditions que nous ne pouvions prévoir il y a quelques mois. Les établissements d'enseignement moyen dus à la sollicitude épiscopale ou à l'initiative des catholiques, établissements qui nous intéressent tant, ont marché, jusqu'ici, d'après les programmes et, pour ainsi dire, sous l'inspection de l'État. Les voilà en présence d'une période de liberté très-large. Devront-ils continuer à suivre les mêmes errements, ou faudra-t-il innover?

Dès qu'il s'est agi de chercher une solution, deux tendances opposées se sont manifestées parmi les personnes qui se préoccupent de ce problème. Les unes, trouvant que l'étude des lettres de l'antiquité classique favorise plus que toute autre le développement de l'intelligence, ont déclaré que les mathématiques prenaient une place trop grande dans les programmes et se sont écriées : Plus de mathématiques! D'autres — et je suis du nombre — ont répondu : Il ne nous appartient pas de limiter la part que les mathématiques occuperont dans les progrès futurs des connaissances humaines, ni par conséquent celle qu'elles doivent réclamer dans l'enseignement. Beaucoup d'entre nous voient arriver l'instant où elles envahiront tous les domaines. Il y a

longtemps que la physique a besoin du concours de cette science. Par la thermodynamique, elle pénètre aujourd'hui, de l'aveu des savants les plus compétents, dans la chimie, dans la physiologie, et à mesure que les sciences en se perfectionnant présenteront un enchaînement plus rigoureux et réclameront des formules plus précises, elles auront recours dans une plus large proportion au langage et aux méthodes de l'analyse.

Si donc nous voulons maintenir l'enseignement supérieur catholique au niveau où il est désirable qu'il reste, il faut que dans les études moyennes la préparation soit suffisante.

La première section s'est occupée de la question ainsi posée : je vais résumer l'opinion qui a unanimement prévalu.

Nous sommes tous d'accord que les études littéraires doivent tenir le premier rang et que — sauf d'honorables exceptions — le développement harmonique des facultés du jeune homme ne s'obtient que dans les études classiques, dans les humanités proprement dites. Les facultés de raisonnement s'éveillant les dernières, il y a danger à introduire l'étude des mathématiques, comme science de raisonnement, dès les classes inférieures, la cinquième ou la sixième. Cet enseignement devrait être reporté dans les dernières années, peut-être dans les deux dernières. A partir de la syntaxe ou de la poésie, on consacrerait à l'étude de l'algèbre, de l'arithmétique raisonnée, de la géométrie, un temps suffisant.

Mais on ne peut obtenir de bons résultats d'un enseignement ainsi restreint, limité, que s'il est parfaitement dirigé, si les personnes qui en sont chargées sont absolument à la hauteur de leur mission.

Ici, je ne puis que répéter mon opinion personnelle, consignée dans un écrit il y a déjà longtemps ; deux moyens me paraissent seuls pouvoir réaliser ce progrès si désirable, de donner aux élèves des colléges une instruction mathématique plus sérieuse et plus solide, telle enfin que la réclament les études scientifiques à l'Université, tout en rendant aux études littéraires une partie du temps qu'absorbait jusqu'ici un enseignement laborieux et stérile. Le premier, c'est la formation, par le concours de tous ceux

qui s'intéressent au succès des colléges indépendants de l'État, d'une sorte de conseil de perfectionnement dans lequel je voudrais voir entrer un certain nombre de professeurs ayant une longue expérience de l'enseignement moyen, et un ou deux professeurs d'Université qui, obligés par la nature de leurs devoirs de se tenir davantage au courant des recherches scientifiques, de voir de plus loin la direction que prend le mouvement progressif de la science, apporteraient un concours précieux.

Le second moyen, plus efficace encore, consiste dans un bon enseignement normal. L'État possède à Gand une école normale des sciences, que je vois de fort près, dans laquelle les jeunes gens qui se destinent à l'enseignement moyen des sciences sont formés aux meilleures méthodes modernes par des professeurs très au courant de ces méthodes. Les colléges du clergé manquent d'un établissement semblable, qui, à mon avis, leur serait de la plus haute utilité. Indépendamment d'une étude comparative des méthodes de l'enseignement élémentaire, les futurs professeurs devraient faire là un cours de mathématiques supérieures. Autrefois, nous avions à Louvain constamment quelques jeunes prêtres envoyés par leurs évêques, qui poussaient les études jusqu'au doctorat en sciences : c'est là une chose nécessaire. De même qu'un prêtre, qui serait chargé de donner le catéchisme à des enfants sans avoir fait sa théologie, ne ferait que de mauvaise besogne; de même un professeur ne peut enseigner avec succès les mathématiques élémentaires, l'algèbre, la géométrie, s'il n'est pas allé lui-même explorer les sommets des mathématiques transcendantes. C'est là seulement qu'il comprendra bien le principe des méthodes les plus élémentaires ; c'est en les étudiant dans leur épanouissement le plus complet, dans leurs applications les plus élevées, qu'il apprendra le secret de leur puissance, qu'il verra les difficultés à écarter pour jamais de l'intelligence des jeunes gens, qu'il saura négliger les théories sans portée et les questions sans avenir pour insister sur celles dont il a connu lui-même l'importance réelle.

D'ailleurs, on n'aime vraiment que ce que l'on connaît bien,

et pour faire aimer la science aux élèves le professeur doit l'aimer lui-même.

Un enseignement normal supérieur pour les sciences, pour les mathémathiques surtout, voilà, je crois, une lacune sérieuse dans l'organisation des colléges catholiques, et je crains que tout le dévouement du personnel de ces colléges ne puisse y suppléer.

M. de la Vallée. — Je me souviens d'avoir vu autrefois des projets élaborés par des professeurs de mathématiques : plusieurs d'entre eux attachaient une grande importance à l'étude des lettres. Leur expérience leur montrait que les jeunes gens qui avaient fait de bonnes humanités sans se préoccuper de l'étude des mathématiques étaient formés très-rapidement à l'enseignement spécial nécessaire pour aborder l'école polytechnique.

Ce fait m'a beaucoup frappé à cette époque. Il semble donc que pendant un temps assez long les jeunes gens pourraient ne pas faire de mathématiques. Dans la quatrième et même dans la syntaxe on pourrait consacrer le temps des élèves à l'étude des lettres, sans se hâter de leur donner l'enseignement mathématique que leur développement intellectuel ne réclame pas?

M. Gilbert. — En parlant de la quatrième, j'ai voulu seulement rappeler l'avis exprimé par un membre de la section. Je ne vois pas d'inconvénient à retarder l'étude des mathématiques à condition que l'élève ait un temps suffisant pour les bien étudier. Mais c'est surtout par l'emploi de bonnes méthodes que l'on pourra obtenir ce résultat, de diminuer, à l'avantage des études littéraires, le temps consacré aux mathématiques.

M. de la Vallée. — Je crois qu'en deux ans, par de bonnes méthodes, les élèves peuvent être mis au courant des mathématiques élémentaires.

M. le comte Fr. van der Straten-Ponthoz. — Dans un pays voisin, on a essayé du système de la bifurcation. A un moment donné, les jeunes gens abandonnaient toutes les études littéraires pour ne s'attacher qu'aux mathématiques ; c'était, je crois, à partir de la seconde ou de la troisième. Ce système a été délaissé.

M. Gilbert. — Je voudrais connaître l'opinion de M. de Lapparent sur ce sujet et sur le point en discussion.

M. de Lapparent. — C'est une question sur laquelle je n'ai pas fait de longues méditations. Les études littéraires sont la meilleure préparation aux études scientifiques. Pour ma part, j'aurai toujours un gré infini à ceux qui ont dirigé mon éducation au moment où le système de la bifurcation commençait à prévaloir, et bien qu'il eût été décidé d'avance, à raison des traditions de famille, que j'avais à m'occuper de sciences, de m'avoir maintenu dans les études littéraires. C'est par une espèce de reconnaissance pour les humanités que je demanderai qu'elles soient toujours poussées jusqu'à la rhétorique.

Je voudrais que les sciences ne fussent jamais exclues d'aucune éducation et que l'enseignement de ceux qui se destinent aux professions purement littéraires comportât une dose de mathématiques.

J'ai toujours été frappé, dans le peu de philosophie que j'ai pu faire, de voir les livres de philosophie briller par l'absence complète de notions sur les sujets scientifiques proprement dits, qui forment une base de toute bonne philosophie. Ainsi, certains professeurs paraissent en être restés aux idées de Descartes sur la circulation du sang. Il me semble que la philosophie réclame avant tout une connaissance précise, sinon dans les détails, au moins dans les traits essentiels du domaine scientifique. Il n'est pas possible de faire de bonne philosophie sans cela. Jadis les plus profonds philosophes, Newton, Leibnitz, Pascal, étaient les premiers mathématiciens de leur époque. Si l'on maintient la philosophie parmi les facultés littéraires, il importe que ceux qui l'enseignent aient des notions scientifiques exactes. Dans l'intérêt de la bonne harmonie qui doit régner entre toutes les classes, j'attache donc une grande importance à ce que des notions scientifiques sérieuses soient le partage de tout le monde, au moins pendant les années de la troisième, de la seconde et de la rhétorique.

M. le Président. — Dans ce moment où nous sommes occupés — j'allais presque dire à creuser un tunnel entre la liberté

absolue et la tutelle du gouvernement — nous ne saurions nous entourer de trop de lumières. Si ceux qui dirigent les humanités vont chercher quelque part des éclaircissements, ils ne manqueront pas d'en demander à la *Société scientifique*. Il est bon que chacun nous fasse part de ses observations.

Le R. P. Carbonnelle. — On fait souvent contre telle ou telle branche de l'enseignement moyen une objection qui m'a toujours paru reposer sur une idée très-fausse du but de cet enseignement. Les uns disent : A quoi me serviront plus tard le grec et le latin? Les autres disent : A quoi me serviront les mathématiques? — Cela s'oublie au sortir du collége, disent les uns et les autres. Dès lors le temps que l'on passe à ces études est du temps perdu,

Cette objection suppose que l'enseignement moyen a pour but de meubler l'esprit de l'élève. Or c'est là, à mon avis, une erreur. Le but est de former les facultés. Que l'on oublie ce qu'on a appris au collége, soit de mathématiques, soit de littérature, cela n'est certes pas rare; mais le mal n'est pas grand, si l'on y a vigoureusement développé les facultés qui permettent d'apprendre à l'Université. C'est l'enseignement supérieur qui doit meubler l'esprit, l'enseignement moyen doit le former. C'est une véritable gymnastique intellectuelle. Les mouvements de la gymnastique ordinaire ne sont pas utiles comme travail accompli ou comme produit accumulé, mais comme exercice qui développe les forces.

C'est, me semble-t-il, à ce point de vue qu'il faut se placer pour donner à chaque partie de cet enseignement sa place et sa valeur. En m'y plaçant moi-même, je crois reconnaître dans les études dites humanitaires, dans l'étude des langues anciennes en particulier, le meilleur moyen qui soit à notre disposition pour développer, non telle ou telle faculté, mais toutes les facultés dans un ensemble harmonieux. Il faut aussi se préoccuper des époques successives où les diverses faculté font, pour ainsi dire, leur apparition dans l'intelligence de l'enfant et de l'adolescent. A un enfant qui n'a encore que de la mémoire, du cœur et un peu d'imagination, ne demandons pas qu'il exerce sa raison. C'est le plus sûr moyen de le dégoûter, pour toute sa vie, des matières qui serviront à cet exercice. La raison, la faculté de tirer rigou-

reusement les conséquences des prémisses, est ordinairement la dernière à naître dans l'esprit du collégien. Or, c'est à elle, et à elle seule que s'adressent les mathématiques raisonnées. Il est donc inutile et imprudent de commencer sitôt cet exercice. De plus, puisqu'il s'agit surtout de développer et non de meubler, il n'en faudrait pas faire une surcharge pour la mémoire.

Dans ces conditions, supposé même que l'élève oublie sa géométrie et son algèbre au sortir du collége, il n'aurait pas perdu son temps dans le cours de mathématiques; car il y aura appris à raisonner rigoureusement.

Je pense, du reste, que pour perfectionner cet enseignement dans les colléges, il n'est pas du tout nécessaire d'allonger le temps qu'on y consacre. Des mesures bien autrement utiles seraient le choix judicieux des auteurs et surtout la formation de professeurs instruits, le développement considérable, comme le disait M. Gilbert, de l'enseignement normal.

M. Cousin. — Je me permettrai de répondre au P. Carbonnelle que je crains qu'on ne tombe dans un excès contraire. Il est vrai qu'il faut développer et que les branches littéraires sont les plus propres à développer les facultés de l'enfant; mais il y a autre chose dans les humanités. Il y a un ensemble de connaissances, nécessaire aux hautes études, qui fera toujours partie nécessaire du programme. Toute science exige un temps normal pour être étudiée. Réduire de six à trois ans, c'est aller bien loin; et puis, on arriverait à éloigner des mathématiques la plupart des élèves.

Or, la facilité avec laquelle l'individu s'adonne aux sciences de calcul est quelquefois incompatible avec l'aptitude aux études littéraires. Pour moi, je voudrais que l'on commençât l'enseignement des mathématiques dès la quatrième; on pourrait d'ailleurs les enseigner mieux qu'aujourd'hui et en moins de temps.

Le R. P. Perry (interrogé par un membre sur l'enseignement moyen dans les écoles anglaises). — En Angleterre, les classes ne sont pas divisées comme en Belgique, au moins pour les mathématiques et les sciences, qui sont enseignées séparément. Les divisions des élèves sont différentes pour les études

littéraires et les classes scientifiques; les élèves plus forts en mathématiques dans les classes inférieures, peuvent être mis pour ces études avec ceux des classes supérieures. De cette manière les études littéraires ne sont pas retardées par celles de mathématiques.

M. l'abbé Quirini. — Le P. Carbonnelle a fait observer avec justesse que pour étudier les mathématiques il faut avoir l'intelligence déjà développée : il est impossible de donner de bons cours de mathématiques à des enfants, et c'est ce qui lui fait proposer de réserver l'étude des mathématiques raisonnées dans les hautes classes.

On a dit cependant qu'il faut un temps suffisant pour enseigner les mathématiques : eh bien! je me demande si l'on ne pourrait pas réserver une partie de cet enseignement pour la classe de philosophie. Est-il quelque chose de plus connexe avec l'enseignement de la philosophie que l'étude des mathématiques? N'y a-t-il pas dans le programme de la philosophie des matières à supprimer? La géographie, par exemple, science toute de mémoire, ne pourrait-elle être avantageusement remplacée par des mathématiques ?

Il n'est plus permis dans notre siècle de rester étranger aux sciences; mais à côté du calcul, il y a la botanique, la minéralogie, la géologie... Certes, on ne peut tout savoir, mais pourquoi resterait-on étranger à ces choses-là? ne peut-on, comme certains programmes le comportent, insinuer les sciences naturelles aux jeunes gens en faisant donner, même dès la sixième, des conférences sur des matières scientifiques? Ces matières sont à la portée de toutes les intelligences; elles développent l'esprit d'observation et piquent la curiosité.

M. Proost. — J'entends avec un vif plaisir M. Quirini revenir sur les idées que j'ai exposées dans une précédente séance. Il me semble qu'on laisse en friche la faculté d'observation. Où la développe-t-on ? Est-ce dans l'enseignement primaire, moyen ou supérieur? On ne l'exerce que dans les écoles médicales. Il me semble cependant que l'esprit d'observation est une faculté pré-

cieuse : c'est à cet esprit-là que nous devons les grandes conquêtes scientifiques de notre temps.

M. de Lapparent. — Autant il est désirable qu'on ne soit pas dépourvu de notions sur les sciences naturelles, autant il serait dangereux d'en faire un enseignement didactique dès le début. Enseigner pédagogiquement une foule de choses à la fois, c'est faire que les enfants ne le puissent apprendre.

Quant aux *conférences*, c'est un mot un peu solennel. On a essayé, dans des écoles que j'ai vues, de les remplacer en utilisant précisément la faculté d'observation. On met sous les yeux des élèves des collections d'histoire naturelle, de botanique ou de zoologie, qui garnissent la salle d'études. Un jour ou deux de la semaine, on consacre une heure à ce que l'on appelle des « leçons de choses. » Un professeur met sous les yeux des élèves un animal, et leur dit de quoi cet animal se nourrit, comment il est bâti, puis il provoque des questions de la part des jeunes gens. Cela les intéresse beaucoup et éveille leur curiosité. Il faudrait se borner à cela, enlever tout appareil solennel : cet enseignement devrait même être relégué parmi les distractions et ne pas être rangé dans les leçons proprement dites.

M. le Président. — Les mathématiques doivent être envisagées, comme l'a dit le P. Carbonnelle, d'abord comme gymnastique intellectuelle, puis comme provision de science pour l'avenir.

Au premier point de vue, elles ont une grande et réelle importance. Si nous prenons la question *ab ovo*, comment les mathématiques peuvent-elles former la raison? C'est qu'on y présente les idées les plus simples, les plus nettes; elles y sont en quelque sorte en déshabillé. Les comparaisons sont très-faciles et l'intelligence s'exerce sans peine à former un jugement sur deux idées présentées d'une manière simple. En faisant un pas, vous avez deux de ces jugements dont vous tirez aisément une conclusion. Je crois que c'est là une gymnastique des plus avantageuses. Mais seule, elle aurait un grave défaut. Il m'a paru que les jeunes gens formés exclusivement ainsi ont toujours quelque chose d'incomplet; ils se heurtent aux plus simples difficultés des

sciences philosophiques, par exemple. Ils doutent, ils hésitent, ils sont obligés parfois de se réfugier dans la foi pour croire encore, pour admettre des vérités d'un ordre supérieur. Un des savants les plus éminents qui aient honoré la Belgique en était, si je ne me trompe, arrivé près de là.

Mais on peut apporter à ces inconvénients une correction; il y a cette grande gymnastique intellectuelle des humanités. Là, vous n'enseignez pas seulement les idées, mais vous apprenez à les formuler. Vous donnez ainsi de la précision au jugement en le forçant à leur tailler, pour ainsi dire, le justaucorps le plus correct. C'est dans l'étude de la littérature que l'on puise ce talent. C'est une gymnastique d'une importance telle qu'on ne saurait assez la renforcer. Nous avons eu, à la suite d'une loi demeurée célèbre, pendant deux années, une interruption des humanités; il en est résulté une génération que l'on a suivie au doigt, ne sachant parler ni le langage de la science, ni celui de la raison.

Conservons-la donc, cette grande et glorieuse gymnastique qui a fait tous les grands hommes que nous connaissons, depuis les orateurs illustres jusqu'aux savants mathématiciens.

Quant à la provision de science, nous devons admettre qu'il faut toujours faire sa petite provision de mathématiques et de sciences naturelles dans les humanités, et je dirai avec M. de Lapparent qu'on ne peut arriver dans le monde ne sachant que du grec et du latin. Reste à déterminer quelle sera cette provision; ceci est l'affaire des savants, et je n'en suis pas. On la réglera, je l'espère, de commun accord, au profit de la jeunesse et de ses maîtres.

M. Mansion, qui n'avait pu assister à l'Assemblée générale du 23 octobre, fut invité, par ses confrères de la première section, à leur communiquer ses vues sur cette importante question dans la séance du 25. Voici la Note qu'il a rédigée, à leur demande, pour résumer cette communication.

Note sur l'enseignement des mathématiques dans les colléges.

La suppression récente de l'examen de gradué a attiré l'attention des personnes qui se préoccupent de l'avenir de nos colléges sur la place que doivent avoir les mathématiques dans l'enseignement moyen. Sous le régime du graduat, les mathématiques ont très-probablement contribué à la décadence des humanités. Sous le régime actuel, il est à craindre que, par une réaction très-naturelle, on ne réduise l'importance de cette branche d'une manière inconsidérée, de façon à annuler presque entièrement les bons effets que l'on peut retirer de l'étude de ces sciences, exactes par excellence. Nous pensons qu'entre l'ancien système et celui qui menace de s'introduire, il y en a un troisième, plus conforme que les deux autres aux principes d'une saine pédagogie, et nous nous proposons de le faire connaître brièvement dans cette Note. Nous ne nous y occupons que de l'enseignement des mathématiques destiné aux jeunes gens qui n'aspirent pas à devenir ingénieurs (futurs prêtres, avocats ou médecins).

I

Des quatre conditions auxquelles doit satisfaire toute branche d'enseignement.

(**1-2**). « Tous ceux qui ont réfléchi sur la nature et les effets de l'enseignement, dit M. Bréal, sont d'accord pour reconnaître qu'en toute leçon donnée à la jeunesse, le maître peut se proposer deux objets. D'un côté, notre intention peut être d'ouvrir l'intelligence de l'enfant, d'éveiller ses facultés, de l'habituer à se rendre compte des choses et de le mettre en état d'apprendre plus tard par lui-même; d'un autre côté, nous pouvons avoir directement en vue la transmission de certaines connaissances, abstraction faite de leur influence sur l'esprit. Nos voisins de

l'Est, qui ont tant écrit sur l'éducation, ont deux termes pour caractériser ces deux sortes d'enseignement; ils appellent le premier *formel* et, en effet, il tend à former l'esprit plutôt qu'à l'enrichir de notions nouvelles; quant au second, ils l'appellent *matériel,* parce qu'en le donnant, on s'attache surtout à la matière ou au contenu des leçons. Il est clair que l'une et l'autre sorte d'enseignement est également nécessaire, puisqu'une intelligence exercée, mais vide de connaissances sérieuses, n'est pas moins inutile à la société qu'une tête restée oisive, dont la mémoire seule aurait été cultivée » (1).

Lacroix et Lamé disent la même chose, en parlant plus spécialement des mathématiques. « La culture des sciences, dit le premier, se présente sous deux points de vue qu'il faut bien distinguer. Tantôt elle n'est qu'un moyen d'exercer l'esprit, de développer les facultés intellectuelles et de rendre propre à la méditation et à la discussion; quelquefois aussi, elle fournit les préceptes et des résultats applicables aux usages de la vie » (2).

« Le but *rationnel* » de l'enseignement des mathématiques, dit Lamé, « est d'exercer, de nourrir la faculté du raisonnement, d'apprendre à déduire, vite et sûrement, les conséquences d'un principe posé, en prenant pour exemple, pour sujet d'études, une science dont les prémisses sont inattaquables et dont les vérités se suivent par un enchaînement logique qui n'est jamais interrompu. » Le but *pratique* de l'enseignement de cette science « est de faire connaître les règles et les formules que les géomètres ont établies pour résoudre un grand nombre de questions d'Arithmétique, de Géométrie et de Mécanique, qui se présentent dans les sciences d'application » et ajouterons-nous, dans la vie de tous les jours (3).

M. Bréal dit encore : « Toute espèce de science convenable-

(1) *Quelques mots sur l'instruction publique en France*, par Michel Bréal, 2e édition. Paris, Hachette, 1872, in-12, pp. 26-27.

(2) *Essais sur l'enseignement en général, et sur celui des mathématiques en particulier,* par S. F. Lacroix. Paris, Courcier, 1805, in-8°, p. 193.

(3) *Résumé de plusieurs discours préliminaires sur les programmes des sciences exactes,* par G. Lamé. Paris, Gauthier-Villars, 1866, p. 3.

ment enseigné peut contribuer au développement formel de l'intelligence. » Mais pour gagner du temps, « on devra choisir de préférence les connaissances les plus indispensables, de sorte que l'idéal d'un bon enseignement sera celui qui exercera le mieux l'esprit des enfants en leur procurant les notions les plus utiles, ou pour parler encore plus exactement, celui qui leur inculquera toutes les connaissances nécessaires à l'homme et au citoyen de la façon la plus profitable pour le développement de la raison (1). »

On peut résumer ces considérations en disant que l'enseignement doit être à la fois *éducatif* et *pratique*.

(**3**). A ces deux conditions, il faut en ajouter une troisième. Pour qu'une branche des connaissances humaines puisse faire partie du programme de l'enseignement primaire, moyen ou supérieur, il ne suffit pas qu'elle ait, considérée à part, une portée *éducative*, ni qu'elle soit *utile*, il faut encore que l'enseignement de cette branche ne nuise pas à celui de branches plus importantes. Cette troisième condition, trop souvent oubliée de nos jours, ne permet pas de s'occuper de l'enseignement d'une science quelconque, sans avoir de notions exactes sur l'importance formelle et matérielle de toutes celles qui font partie du même programme d'études.

(**4**). Enfin, il est clair que l'influence éducative d'une branche d'enseignement, son utilité pratique, la place qu'elle doit occuper dans le système général des études, dépendent non-seulement de la *nature* de cette branche, mais aussi de l'*élève* lui-même et de ses aptitudes. Les trois conditions énumérées plus haut sont donc subordonnées à celle-ci : toute branche d'enseignement doit être *assimilable* par ceux qui doivent l'apprendre. La base de toute pédagogie pratique est donc l'observation psychologique de l'éveil successif des diverses facultés chez les enfants.

Appliquons maintenant ceci à notre sujet et voyons jusqu'à quel point les mathématiques sont *assimilables, éducatives, utiles* et *non nuisibles* à des branches plus importantes.

---

(1) *Quelques mots, etc.*, p. 27.

II

Du développement successif des facultés mathématiques. Conséquences sur la distribution des matières du programme de mathématiques dans l'enseignement moyen.

(**1**). D'après Lamé [1], les facultés mathématiques sont au nombre de cinq, si l'on fait abstraction de l'esprit d'invention, qui n'existe que chez un très-petit nombre de personnes. Ces cinq facultés sont les suivantes :

1° L'esprit de combinaisons des nombres ou la *faculté des calculs numériques.* Elle naît ou surgit chez presque tous les enfants vers l'âge où ils fréquentent l'école primaire, et diminue ensuite, si elle n'est pas exercée. Elle peut exister à un haut degré chez des enfants qui ne se feront jamais un nom dans l'histoire des sciences.

2° La faculté des représentations perspectives. Elle se manifeste en même temps que la précédente, chez la plupart des enfants, par une tendance naturelle à dessiner, d'une façon approximative, mais parfois très-expressive, les objets les plus simples qui les entourent. Cette faculté, quand elle existe à un degré éminent chez un enfant, est presque toujours un indice certain qu'il se distinguera plus tard dans le domaine des mathématiques ou des beaux-arts.

3° La faculté du raisonnement ou la faculté de déduire toutes les conséquences d'un principe.

4° La faculté de choisir ou d'éprouver les principes, bases du raisonnement.

5° L'instinct de la mécanique ou la facile conception de l'équilibre et du mouvement.

Ces « facultés se montrent très-sensiblement plus tard que les deux premières; elles se suivent et se superposent à des inter-

---

[1] *Résumé, etc.*, pp. 5-11.

valles de temps assez courts. L'avénement de ce nouveau groupe a lieu moyennement ENTRE SEIZE ET DIX-SEPT ANS, souvent un an ou deux plus tard ; quelquefois, mais très-rarement une, deux ou même trois années plus tôt. » Il est clair que les facultés 3 et 4 (la faculté déductive et la faculté critique) ne sont pas des facultés mathématiques proprement dites. Lamé remarque que la troisième surgit souvent d'une manière très-brusque; que la quatrième caractérise spécialement les bons physiciens ; la cinquième les bons ingénieurs.

LACROIX [1], professeur et examinateur pendant de longues années, comme LAMÉ, est à peu près du même avis, sur le point essentiel de l'énumération qui précède, savoir l'apparition tardive de la faculté du raisonnement, et du raisonnement mathématique en particulier. Après avoir dit, en substance, qu'il faut initier les enfants aux mathématiques « par un procédé plutôt expérimental que théorique » (ce qui correspond à l'éveil précoce de la faculté numérique et de la faculté géométrique dont parle LAMÉ), il ajoute : « Je me borne à examiner ici comment, avec ces matériaux déjà élaborés dans une première instruction, empirique si l'on veut, on peut faire entrer dans des têtes de QUINZE A SEIZE ANS, la théorie des sciences mathématiques et les formes des méthodes qui leur sont propres. On trouvera peut-être que j'ai fait commencer cette étude un peu tard, et je conviens que j'ai rencontré des enfants beaucoup plus précoces ; mais ce sont encore des exceptions trop peu nombreuses pour modifier la règle générale. »

Nos propres souvenirs comme élève et nos observations comme répétiteur, professeur et examinateur, confirment complétement cette thèse fondamentale : *la faculté de déduction logique n'apparaît, en général, chez les enfants que vers 15 ou 16 ans.*

(**2**). On peut tirer, de ce qui précède, diverses conséquences relatives à la distribution générale des matières d'un cours de mathématiques de la sixième à la rhétorique. Admettons qu'en moyenne les enfants entrent en sixième à 12 ans, en troisième, à 15 ans.

---

[1] *Essais, etc.*, pp. 195, 196, 197.

A. Si les observations psychologiques de Lamé et de Lacroix sont exactes, les enfants en sixième, en cinquième et en quatrième, doivent apprendre à fond le calcul, toutes les applications usuelles de l'arithmétique, la résolution pratique des équations numériques du premier degré, qui se rencontrent sous diverses formes dans les problèmes traités par la méthode de réduction à l'unité; puis, en outre, le dessin linéaire (1), et à propos du système métrique, la partie de la géométrie de la mesure qui peut s'exposer par intuition.

En troisième, en poésie et en rhétorique, on doit enseigner, au contraire, l'arithmétique théorique complète, la partie correspondante de l'algèbre, et les éléments de géométrie et de trigonométrie. Il faut réserver toutes les matières qui exigent la plus grande somme d'abstraction et supposent déjà la faculté déductive très-exercée, à la rhétorique, c'est-à-dire, à la classe où l'on s'initie à la dialectique, par une autre voie, en étudiant les chefs-d'œuvre oratoires de l'antiquité et des temps modernes.

B. On pèche actuellement plus ou moins contre ces principes :

1° On n'exerce pas *suffisamment* les élèves au calcul mental, au calcul chiffré, et aux applications usuelles de l'arithmétique, en sixième, en cinquième et en quatrième, parce que dès la quatrième, on les lance dans l'arithmétique théorique. L'exemple de ce qui se fait dans les écoles moyennes devrait engager les professeurs des classes latines inférieures à exercer davantage leurs élèves dans le domaine de l'arithmétique pratique. Celle-ci n'exclut pas tout raisonnement, mais seulement ceux qui n'ont pas un caractère intuitif, comme nous l'avons montré ailleurs (2).

D'autre part, on enseigne trop tôt l'arithmétique théorique, qui aujourd'hui fait partie du programme de la quatrième, et

---

(1) CLEBSCH, qui fut, comme on le sait, un professeur éminent, commençait son cours de géométrie élémentaire, dans un gymnase ou une *Realschule* de Berlin, par des notions de dessin linéaire. L'association anglaise pour l'avancement de l'enseignement géométrique recommande une pratique semblable dans le *Syllabus* de géométrie plane qu'elle a publié en 1875. Ce sont là de précieuses autorités à ajouter à LAMÉ et à LACROIX.

(2) *Notes sur l'enseignement de l'arithmétique,* par P. MANSION , dans la Revue pédagogique *l'Abeille,* t. XXII, 1876-1877, pp. 112-116, 153-156, 264-268, 413-417.

n'est jamais revue sérieusement dans la suite. En effet, chez la plupart des élèves de quatrième, la faculté de déduction logique n'est pas encore éveillée, et le fût-elle, elle ne serait pas suffisamment exercée pour comprendre des théories aussi abstraites que celle de la division ou du moindre multiple, par exemple.

2° En Algèbre, on ne tient aucun compte du développement historique de la science : on enseigne d'abord le calcul littéral qui n'a été trouvé que vers la fin du seizième siècle, tandis qu'on rejette après les fractions algébriques, la résolution des équations linéaires connue depuis quinze cents ans. La marche naturelle consiste à introduire les équations numériques du premier degré à propos des problèmes usuels de l'arithmétique, et les formules littérales à propos des questions d'intérêt, comme on le fait actuellement dans les écoles normales des filles. Le reste de l'algèbre doit être enseigné autant que possible en même temps que l'arithmétique dans les trois classes supérieures.

3° On ne développe pas actuellement les facultés géométriques intuitives de l'enfant, dans les classes inférieures, de sorte que l'enseignement rationnel de la géométrie commence en troisième sans préparation. D'ailleurs, en géométrie théorique, on n'enseigne pas à la fin du cours les propositions dont l'accès est le plus difficile et qui, historiquement, ont été trouvées les dernières, savoir celles qui dépendent de la théorie des limites. On les entremêle dans les autres propositions de manière à séparer complétement l'une de l'autre deux théories analogues, celle de l'égalité et de l'équivalence des figures rectilignes, et de l'égalité et de l'équivalence des figures polyédrales. Il y a lieu, sous ce rapport, de revenir à la tradition d'Euclide : toutes les propositions que l'on établit aujourd'hui par la méthode des limites ont été placées par l'illustre géomètre grec à la fin de ses immortels Éléments, dans son livre XII [1].

---

[1] Presque tout ce que nous demandons ici est réalisé dans les *gymnases* (nous ne disons pas dans les *Realschulen*) allemands. Ainsi le dessin est enseigné surtout dans les classes inférieures, et l'enseignement mathématique théorique est reporté dans les classes supérieures, plus en rhétorique et en poésie qu'en troisième.

III

De l'utilité formelle et matérielle des mathématiques et de l'étendue du cours relatif à cette branche dans nos colléges.

Les principes exposés plus haut ne peuvent apprendre presque rien sur l'étendue qu'il convient de donner aux cours de mathématiques de nos colléges. Il faut évidemment recourir à l'expérience pour savoir dans quelle mesure un cours de ce genre peut être éducatif, avoir une portée pratique et surtout ne pas nuire aux branches plus importantes.

(1). Quelle est d'abord l'influence formelle des mathématiques? On peut la résumer en deux mots. Depuis l'antiquité jusqu'à nos jours, on a toujours admis que les mathématiques sont éminemment propres à *développer l'esprit de déduction logique* et à *familiariser avec les idées de grandeur*. L'esprit de déduction logique est une faculté précieuse pour les futurs étudiants en droit et en théologie, sciences où l'on part de principes bien déterminés. Ensuite les idées de grandeur sont la base de toute étude scientifique de la nature; par conséquent, les mathématiques sont indispensables aux jeunes gens qui veulent devenir ingénieurs ou médecins. Pour tous les élèves de nos colléges, elles ont donc une portée formelle. Mais on l'exagère souvent; l'esprit de déduction logique est une faculté d'un ordre beaucoup moins élevé que celle d'éprouver les principes eux-mêmes que ne développe guère l'étude des mathémathiques: un logicien n'est pas nécessairement un esprit critique, encore moins un penseur; c'est souvent un utopiste. D'autre part, les idées de grandeur sont les moins importantes de toutes nos idées; elles ne touchent pas d'assez près aux intérêts essentiels de l'humanité. Il n'est pas difficile d'indiquer une autre science, la philosophie, qui a, sous tous les rapports, une influence éducative plus grande que les mathématiques; elle familiarise avec les idées morales les plus élevées, exerce à la déduction, à la critique des principes, sans compter

qu'elle démontre les vérités fondamentales de la religion. Malheureusement, les facultés philosophiques s'éveillent beaucoup plus tard que les facultés mathématiques. Par suite, dans les colléges où les études ne durent que six ans, l'arithmétique et l'algèbre, la géométrie élémentaire et la trigonométrie rectiligne, constituent la seule *science* qui puisse s'enseigner *scientifiquement*, par principes et raisonnement, non par voie d'autorité.

Les considérations précédentes, non-seulement font ressortir l'influence des mathématiques sur le développement intellectuel des enfants, mais elles permettent de justifier la place qu'elles occupent dans le cadre général des études d'humanités. Un peu de réflexion, en effet, prouvera à quiconque se placera au point de vue formel que l'ordre d'importance des différentes branches d'enseignement est bien celui qui est consacré par la tradition : 1° Religion; 2° langues anciennes; 3° langue maternelle; 4° mathématiques (et subsidiairement, dans les classes inférieures, le dessin et l'histoire naturelle descriptive, en rhétorique, la physique); 5° histoire et géographie; 6° langues modernes. Nous tirerons de là, dès à présent, cette conséquence: S'il faut réduire le temps consacré à l'enseignement des mathématiques, ce ne peut être au profit des branches moins importantes que nous venons d'énumérer, mais seulement en faveur de la religion, des langues anciennes ou de la langue maternelle.

(2). Les mathématiques sont-elles utiles dans le sens étroit du mot? Ici, il faut distinguer. L'arithmétique presque tout entière a des applications pratiques dont l'utilité ne peut être contestée par personne. Il en est de même, en géométrie, de toutes les propositions relatives à la mesure des lignes, des surfaces et des corps les plus simples. L'algèbre élémentaire, au contraire, et la trigonométrie, n'ont guère d'utilité immédiate, pour tous ceux qui aspirent aux professions libérales : elles ont plutôt une utilité médiate, parce qu'elles complètent et éclairent l'arithmétique et la géométrie.

Si l'ensemble des éléments a donc une portée formelle, une partie seulement a une utilité pratique. Il résulte de là que si l'on est forcé de restreindre l'enseignement des mathématiques dans

les colléges, la partie des éléments qu'il faudra sacrifier, sera celle qui n'est pas à la fois éducative et utile, médiatement ou immédiatement; par exemple, en algèbre, une bonne partie de la théorie de la division algébrique, la discussion des équations linéaires et quadratiques; en géométrie, beaucoup de propriétés du cercle et de la sphère; en trigonométrie, tout ce qui se rapporte aux fonctions d'arcs plus grands que la demi-circonférence, la construction des tables, l'usage des logarithmes, des fonctions circulaires et même la résolution des triangles obliquangles. L'arithmétique, la géométrie de la mesure et les parties correspondantes de l'algèbre et de la trigonométrie, voilà ce qu'il faudra conserver.

(**3**). Mais l'enseignement des mathématiques nuit-il en Belgique à l'étude de branches plus importantes? Nous sommes disposés à le croire pour deux raisons : d'abord, parce que les professeurs de langues se sont plaints généralement de l'importance exagérée que prenaient les mathématiques, sous le régime du graduat. Ensuite, parce que la comparaison de notre programme de mathématiques avec celui des gymnases allemands prouve qu'en Belgique on étudie en six ans autant de matières qu'en huit des neuf années que comportent les humanités au delà du Rhin. L'importance relative des mathématiques est donc plus grande ici qu'en Allemagne. C'est là un mal auquel il faut remédier sans retard.

Le remède le plus simple consiste à réduire le programme des mathématiques d'après les principes d'une saine pédagogie, comme nous l'avons indiqué plus haut, et à mieux distribuer les matières de l'enseignement. La seule chose qu'il faille éviter, c'est de sacrifier la rigueur dans le cours de mathématiques, pour gagner du temps. Un enseignement pratique de la géométrie et de l'arithmétique, dans les classes supérieures des colléges, serait un non-sens et une absurdité, sans aucune portée éducative ni même pratique. C'est, dit Lacroix, « une nécessité de ne rien traiter superficiellement » dans l'enseignement rationnel des mathématiques; « de diminuer plutôt le nombre des objets » étudiés « s'il le faut que de sacrifier à la brièveté aucun des

développements nécessaires pour parvenir à toute l'évidence que comporte le sujet, ou pour rendre sensible le mécanisme du raisonnement... Le choix des exemples est plus important que leur nombre ; quelques vérités bien approfondies éclairent beaucoup plus sur la méthode qu'un grand nombre de théories discutées d'une manière incomplète. Les unes jettent des racines profondes qui ne manquent jamais de s'étendre et d'où sortent des tiges dont les rameaux nombreux sont chargés de fruits ; les autres qui ont à peine effleuré le sol disparaissent bientôt, après avoir offert un stérile aliment à la vanité (1). »

C'est par ces sages paroles d'un professeur distingué que nous terminerons ce petit travail.

VI.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE DU MARDI 24 OCTOBRE 1876.

M. Victor Jacobs, membre de la Chambre des représentants, prend la parole sur une question portée au programme de la session : le double étalon monétaire (voir 2me partie, page 75).

Après cette conférence vivement applaudie, et les explications échangées entre quelques membres de la Société, l'assemblée entend deux lectures relatives aux explorations de l'Afrique centrale. M. Ph. Gilbert donne un exposé rapide des travaux de M. Antoine d'Abbadie, membre de la Société, sur le plateau Éthiopien, de 1837 à 1848, travaux menés à travers des difficultés et des périls de tout genre avec une invincible énergie, et auxquels on doit, non seulement les magnifiques triangulations consignées dans la *Géodésie d'Éthiopie* et les méthodes précieuses de la géodésie expéditive, mais une foule de données importantes sur les langues, les lois, les mœurs de ces peuples éthiopiens, et surtout la fondation de deux missions catholiques,

---

(1) *Essais*, etc., pp. 193-194.

appelées à rendre peut-être de grands services à la civilisation de l'Afrique. L'orateur appelle énergiquement l'attention des nations chrétiennes sur la marche envahissante du mahométisme dans l'Afrique Orientale, sur la traite des nègres qui ravage ces contrées et sur la nécessité d'y mettre un terme.

M. De Beys lit un travail sur l'histoire de la géographie africaine (voir 2me partie, page 175).

Ces deux orateurs avaient eu l'occasion de louer l'initiative prise par le Roi Léopold II, d'une sorte de croisade pacifique, destinée à porter aux peuples africains les bienfaits de la civilisation chrétienne. Le Dr Lefebvre, président de la Société, choisit ce moment pour faire à l'assemblée la communication suivante :

Messieurs, le moment me semble opportun pour vous faire, de la part du Conseil, une communication relative à cette grande question de l'Afrique.

Tous les hommes de science, tous les hommes religieux, tous ceux qui conservent au fond du cœur le sentiment patriotique, ont vu avec bonheur le deuxième roi des Belges réunir dans son palais d'illustres géographes, surtout ceux qui ont exploré et étudié l'Afrique avec le plus de soin, dans un but dont vous connaissez l'immense portée : ouvrir l'Afrique centrale à la foi et à la civilisation. Sans doute la Providence ne permet pas toujours que les résultats répondent aux vues des hommes, mais elle récompense toujours les intentions généreuses, et celle-là est vraiment digne d'un cœur royal.

La Belgique a donc vu avec fierté le Roi des Belges prendre cette initiative, mais elle a vu aussi avec un légitime orgueil et une joie patriotique ce congrès de savants décerner la présidence au Roi, non par une sorte d'entraînement dû au prestige de la royauté, mais en déclarant formellement qu'il conférait cet honneur au savant caché sous le souverain, et au grand cœur qui avait eu cette noble inspiration.

L'intérêt que vous portez à la science, l'intérêt que vous portez à la rédemption des âmes, nous a fait croire que la Société scientifique serait heureuse de répondre à l'appel du Roi en apportant

une offrande, quelque modeste qu'elle puisse être, à l'œuvre africaine.

Nous pensons donc que la Société voudra bien approuver l'initiative que nous avons prise, et si quelque motif nouveau pouvait nous confirmer dans cette idée, ce seraient les deux belles lectures que vous venez d'entendre. (*Applaudissements prolongés.*)

Discussion sur la situation de l'agriculture.

(COMPTE RENDU ANALYTIQUE).

M. Léon t'Serstevens. — Que devons-nous faire pour arrêter cet immense mouvement de dépopulation de nos campagnes, qui s'accentue tous les jours de plus en plus et qui n'est qu'un signe des souffrances des populations rurales ? Que serait-il possible de faire pour éviter la ruine, ou tout au moins l'arrêt de prospérité de l'agriculture ?

Messieurs, je ne vous apprendrai rien en vous disant que c'est là une question vitale pour la Belgique, pour la France et peut-être pour l'Allemagne.

J'ai déjà eu l'honneur de vous exposer, à notre première réunion, les causes et les effets de ce dépeuplement de nos campagnes, et je vous indiquais sommairement les remèdes que je croyais propres à modifier cet état de choses. Je demandais une répartition plus équitable des avantages et des charges de notre état social. Je réclamais la diffusion de la science, l'organisation de la circulation monétaire, du crédit, l'amélioration ou la création de voies de communication sur axe, par eau ou par chemin de fer.

Je veux entrer aujourd'hui dans le cœur même de la question et vous faire connaître la situation actuelle de l'industrie agricole, et ce dont elle devrait obtenir la jouissance immédiate pour éviter que la crise, dont on nous signale l'effet par le départ du travail-

leur et de sa famille, ne devienne une catastrophe dans un avenir plus ou moins éloigné.

Je ne veux pas abuser de votre temps, je ne vous parlerai que de la culture moyenne, de la ferme de vingt à cent hectares.

La petite culture se trouve toujours dans une situation spéciale; sa force est dans la famille, elle suit le sort des choses de la famille, et se ressent fort peu des causes extérieures de prospérité ou de malaise; son état varie à l'infini et suit toutes les vicissitudes particulières qui peuvent surgir de la moralité, de la santé, de la fécondité même d'une famille.

La grande culture, celle qui comprend l'exploitation de plusieurs centaines d'hectares, est une trop grande exception en Belgique pour que je puisse en discuter la situation industrielle. Si elle tend à augmenter, si de nouvelles grandes exploitations viennent assez fréquemment remplacer un certain nombre d'exploitations de moindre importance, ce fait est encore trop exceptionnel pour que je puisse en déduire d'autre enseignement utile que celui que nous fournit la raison de la création de ces puissants établissements. Il nous montre quelle force donnent pour la production économique la possession des capitaux et la science jointe aux avantages que l'on retire de l'emploi intelligent des machines agricoles.

Pourquoi l'ouvrier et le fermier qui, jusqu'aujourd'hui, ont vécu et prospéré en cultivant ces exploitations agricoles que nous nommons des fermes, quittent-ils les campagnes, les uns pour devenir ouvriers industriels, les autres pour peupler les bureaux des administrations?

C'est, Messieurs, parce que les fermiers souffrent de la concurrence que leur fait l'industrie en enlevant par de hautes payes les ouvriers qu'ils emploient; c'est ensuite parce qu'ils ne peuvent plus jouir des bénéfices qu'ils retiraient du renchérissement presque périodique des denrées alimentaires; c'est encore parce qu'ils ne savent pas utiliser convenablement les ressources de la chimie pour augmenter la production de leurs champs, de la mécanique pour économiser et perfectionner le travail manuel de l'ouvrier; c'est qu'il leur manque la science et l'argent.

Prenons le fermier au commencement de ce siècle en Belgique, dans la partie du pays désignée par les géologues sous le titre de région limoneuse et sablo-limoneuse, dans la Hesbaye, une grande partie des provinces de Liége et de Namur, dans le Brabant wallon et dans le Hainaut, dans cette région que l'on peut appeler le grenier de la Belgique, qui s'étend encore dans une partie des Flandres, voisine du Hainaut et de la France.

La culture régulière, normale, comprenait, il y a un peu plus d'un demi-siècle, de nombreuses jachères; le tiers des terres labourables environ était soustrait à la culture annuelle. La terre se reposait, disaient les fermiers, et les bestiaux venaient paître l'herbe sur ces terres périodiquement incultes, de nombreux troupeaux de moutons allaient y chercher des aliments qu'ils transformaient et que l'on transportait sur les terres cultivées.

C'était la période de la culture extensive; le fermier cherchait alors à arrondir son domaine, à cultiver une grande étendue, le fermage était peu élevé, l'espace lui fournissait la quantité à un prix de revient très-favorable.

Mais aujourd'hui la concurrence des produits étrangers, l'augmentation des besoins d'une population plus riche et plus dense sont venus transformer cet état de choses.

Il faut en agriculture comme en industrie produire vite et produire beaucoup; il ne faut pas étendre les bornes de son domaine, il faut augmenter la puissance de l'espace dont on dispose. L'étendue est une charge, le fermage est plus élevé, il faut travailler autrement, l'ouvrier est mieux nourri, son travail, son intelligence gagnent en puissance, en force, et ce qu'il sait gagner à l'étranger il faut lui permettre de le gagner chez vous, si vous voulez qu'il n'émigre pas.

Nous avons aujourd'hui la culture obligatoirement intensive. L'hectare de terre qui ne produisait jadis, en moyenne, que dix hectolitres de grains en produit vingt, et nous pouvons affirmer sans crainte de nous tromper qu'il peut atteindre trente et trente-cinq hectolitres, puisque nous avons déjà des exploitations dont les moyennes s'élèvent à ces chiffres.

Mais la culture intensive a des exigences. Le fermier ne peut

forcer la terre à lui donner ces produits élevés et rémunérateurs que par une étude approfondie des lois de la production en général, et des conditions spéciales de la production dans son exploitation.

Nous avons dit qu'il devait produire vite et beaucoup. S'il doit produire vite, ce n'est pas à la méthode expérimentale, à des essais par tâtonnement qu'il doit demander la nouvelle fertilisation de sa terre; cette étude d'expérimentation demande de longues années, et les essais de ce genre sont lents et coûteux; non, il faut au cultivateur la science théorique et la science pratique.

Il lui faut, à lui comme à l'ingénieur, comme à l'avocat, comme au médecin, comme à tous nos savants un écolage, une éducation, une instruction; il faut que, comme le militaire, il joigne à l'énergie, au courage, aux aptitudes spéciales, la puissance des capacités que donne l'étude longue et approfondie de la science agricole pour le cultivateur, des choses de la guerre pour l'officier.

Le fermier aujourd'hui doit posséder des machines pour activer ses travaux et réduire le prix de revient de la main-d'œuvre. Il a, pour faner le foin destiné à nourrir son bétail, une faucheuse traînée par des chevaux ou au moins par un cheval.

Une faneuse qui retournera l'herbe coupée par la faucheuse.

Un râteau pour le mettre en tas plus ou moins élevés selon son degré de siccité.

L'opération du fanage, très-coûteuse lorsque la faux et le râteau sont mus à bras d'homme, s'opère ainsi en moins de temps et à moins de frais par les machines dont le cheval est la force motrice.

Les chevaux disponibles à cette époque de l'année ne manquent pas à la ferme, et l'emploi intelligent de ces instruments vient réduire très-sensiblement le prix des fourrages.

Les trois instruments du fanage exerceront donc une influence puissante et heureuse sur la situation financière du fermier, et sur le prix de revient des denrées alimentaires.

Mais il faut que ceux qui conduiront ces instruments, que celui qui les possède surtout soit instruit, connaisse au moins un

peu la mécanique, la force des machines, sache les conduire, les économiser, les soigner, les entretenir, les réparer au besoin; sinon ces instruments, dont le prix d'achat est assez élevé et la fragilité toujours relativement grande, sont vite usés, déformés, perdus et ne donnent plus un travail rémunérateur.

Si vous ne graissez pas les rouages, si vous heurtez des pierres, des bornes placées aux limites des champs, les arbres du verger, vous avez une perte certaine.

Il faut donc un certain degré de science et d'éducation pour que la machine puisse entrer économiquement dans la ferme, pour qu'elle produise en agriculture comme en industrie le maximum d'effet utile.

Nous n'en sommes pas là, nous ne sommes pas encore près d'atteindre ce premier progrès.

Le principe de la culture extensive reposait en grande partie sur cette idée fausse que certaines plantes étaient améliorantes, qu'elles donnaient au sol des qualités pour produire d'autres récoltes; on classait au nombre des plantes améliorantes les trèfles et d'autres plantes fourragères.

La science est venue, qui a démontré que le trèfle possédait la singulière faculté de s'assimiler une quantité de potasse puisée jusque dans le sous-sol, et que la récolte faite, les débris des feuilles séchées et des racines laissaient dans la couche arable une quantité relativement très-considérable de potasse parfaitement assimilable.

Mais la science nous montrait aussi que le trèfle, comme toutes les plantes, était épuisant, que toute production enlevait au sol une partie de sa richesse, que par conséquent il fallait restituer à la terre sous une forme ce qu'on lui avait enlevé sous une autre.

Je ne puis entrer ici dans tous les détails, mais le tableau publié par le savant directeur général des stations agricoles de Belgique, M. Petermann, vous fera comprendre l'importance des pertes subies par l'enlèvement de telle ou telle récolte.

Il était démontré par les études les plus approfondies des savants que la puissance de production des terres était limitée, si l'on ne parvenait à leur restituer les éléments constitutifs que les plantes

puisent dans le sol. Dans ces conditions l'étable et l'écurie appauvrissent la terre aussi bien que la culture des céréales, des racines, des plantes oléagineuses et textiles.

La chimie vint alors au secours de l'agriculture et lui offrit des substances minérales qui peuvent augmenter la force productrice de nos champs, et leur restituer ce que les récoltes ont pu leur enlever, soit pour former le blé, soit pour fournir les substances des os, des nerfs, des chairs et de la graisse des animaux. Le fumier de nos étables fut enrichi de potasse, de superphosphates de chaux, d'acide phosphorique, et l'on vit progresser le rendement des terres cultivées par des travailleurs intelligents.

Mais encore ici l'emploi de ces substances exige un degré de science assez considérable, une instruction assez complète; l'usage inconscient de ces matières, dont le prix de revient est très-élevé, peut être ou inutile ou même nuisible.

Si j'ajoute à une terre très-riche en telle ou telle substance cette même substance, je fais une dépense inutile; si j'ajoute à une terre pauvre la substance qui lui manque, mais que je ne rende pas cette substance assimilable, je n'obtiens aucun effet utile.

Enfin l'excès peut amener l'anéantissement de la graine, brûler le germe et arrêter toute production. Il faut donc encore ici la connaissance relativement assez approfondie de cette chimie spéciale, de la chimie agricole, et de certains phénomènes qui se rattachent à la physiologie végétale.

Et, Messieurs, ce qui est vrai pour la plante est vrai pour l'animal, la connaissance de la physiologie animale nous permettrait de doser admirablement la ration que nous donnons à nos bêtes, elle nous permettrait d'éviter les frais inutiles, d'éviter surtout que nous ne détruisions nous-mêmes ce que nous voulons édifier.

Il arrive trop souvent que certains aliments viennent paralyser, anéantir les effets avantageux d'autres substances nutritives. L'ignorance des phénomènes de l'assimilation par les animaux augmente singulièrement le prix de revient des viandes.

La science transformerait le régime de nos étables, comme elle a transformé la fumure de nos terres.

Tout ce que je demande pour l'agriculture, l'industrie le possède, cette utilisation parfaite des forces et des ressources de la production existe dans presque tous nos établissements industriels et fait la richesse du pays.

Cette science de l'économie de la production nous la voyons partout chez l'industriel, chez le directeur de charbonnage qui sait quels sont les instruments, les engins, les machines qui donnent une économie de main-d'œuvre, un maximum de force, une économie de chaleur ; chez le machiniste, le mécanicien, le directeur des forges et des fonderies, des verreries, des fabriques de tissus.

La science a été donnée généreusement, largement à tous, sauf une exception, sauf aux cultivateurs.

Pourquoi l'État seul a-t-il une école d'agriculture?

Pourquoi la puissance, la fécondité de l'initiative privée, de la liberté, n'a-t-elle pas touché de sa baguette féerique le plus utile des citoyens du pays.

C'est, Messieurs, un de ces problèmes insolubles pour moi.

C'est peut-être que la dure nécessité ne s'en est jamais fait sentir autant que maintenant; mais aujourd'hui le commerce d'importation vient vous dire : il faut marcher et progresser, ou il faut disparaître.

Nous ne pouvons laisser dépeupler nos campagnes, nous ne pouvons abandonner à l'étranger le soin d'alimenter nos populations, nous devons travailler et nous devons surtout étudier; mais il faut pour cela que l'école nous vienne en aide.

Si je ne craignais d'abuser du temps que vous voulez bien m'accorder, à cette grande cause de dépopulation, l'ignorance des découvertes scientifiques et de leur application économique, je joindrais l'immense influence protectionniste dont jouit le commerce d'importation.

Au commerce d'importation l'on réserve les bénéfices de l'escompte, de la mobilisation des capitaux.

A peine un navire est-il chargé de grain à Odessa, à San-Fran-

cisco, dans l'Adriatique, que la Banque Nationale s'empresse d'escompter cette valeur; tandis que moi, cultivateur belge, je puis avoir en Belgique mes greniers pleins de grains, mes étables bourrées de bêtes grasses, sans qu'il me soit possible de trouver pour eette valeur de l'argent à des conditions aussi favorables.

Non-seulement le cultivateur payera des intérêts plus élevés que le négociant, mais il portera une rude atteinte à son crédit, à sa réputation si, lui cultivateur, il cherche à mobiliser cette marchandise par l'escompte. Et ce n'est pas tout. Le fermier doit trop souvent transporter sur axe certains de ses produits à grande distance, fréquemment par des routes défoncées, alors que l'importateur jouit du réseau de nos voies ferrées et de tarifs spéciaux qui lui permettent de traverser le pays à moins de frais.

Messieurs, créons des écoles, recourons à l'application de la devise nationale, que l'union nous donne la force de fonder ces établissements qui nous manquent. En attendant, demandons l'achèvement de nos voies de communication, l'abolition des priviléges et des faveurs dont jouit le commerce, soit par la suppression des tarifs spéciaux, soit par l'assimilation des produits belges aux produits étrangers.

Donnons le pain de la science aux campagnards qui en manquent, organisons dans tout le pays des conférences, créons un enseignement pour démontrer les avantages que l'emploi des instruments et des méthodes perfectionnées peut produire dans la ferme.

Dans un pays comme le nôtre, l'usage d'une grande liberté n'est pas facultatif, la liberté se retourne contre celui qui ne sait pas en jouir.

Les écoles libres n'ont encore rien su faire en faveur de l'enseignement agricole.

La diffusion de la science agricole ne peut être un monopole de l'enseignement officiel. Si cela devait être, ce serait un argument formidable que vous fourniriez aux adversaires de la liberté de l'enseignement.

Messieurs, la science agricole doit être acquise, non-seulement par ceux qui cultivent la terre, mais encore par ceux qui la possèdent.

Aux propriétaires je dirai : vous aussi vous devez étudier les conditions de la production, parce que l'état de fertilité de vos terres constitue la richesse, le patrimoine de votre famille. Or l'emploi des engrais chimiques est une arme à deux tranchants; si ces substances peuvent augmenter la production de nos campagnes, il est aussi possible d'épuiser par leur emploi inconscient ou malhonnête les quantités d'humus que renferment vos terres.

Un cultivateur instruit et peu délicat pourra s'enrichir en *ruinant* sa ferme et en abandonnant au propriétaire négligent et ignorant une terre absolument épuisée, totalement effritée.

Je crois que la Société scientifique ajouterait un bien beau fleuron à sa couronne, si elle pouvait un jour revendiquer l'honneur d'avoir provoqué la création d'écoles d'agriculture libres, à côté de l'école de l'État de Gembloux, la seule école où l'on puisse aujourd'hui étudier la science agricole en Belgique.

Messieurs, l'agriculture se traîne péniblement dans l'ornière de la routine, ce n'est pas trop de trois leviers pour la placer sur les rails du progrès et de la prospérité. Prêtons-lui le concours de la science, du crédit et des communications rapides et économiques. Nous retrouverons bientôt florissante et puissante cette agriculture belge qui fut de tout temps la force et la gloire du pays.

M. Gilbert. — Je n'ai aucune autorité dans la question que M. t'Serstevens a si bien traitée devant vous. Mais je lui demanderai s'il ne pense pas qu'un fait trop évident, à savoir la crise industrielle, qui n'est pas terminée et qui peut durer longtemps encore, n'est pas de nature à amener une détente dans la situation des campagnes. On a fermé depuis un an et demi de vingt-cinq à trente fabriques dans les districts de Dison et de Verviers. L'industrie et l'exploitation du charbon sont menacées. Ne serait-il pas possible que la misère de l'industrie engageât les ouvriers des villes à retourner dans les campagnes?

M. L. t'Serstevens. — Il est évident que la crise industrielle profitera, dans une certaine mesure, à l'industrie agricole. Cependant le nombre des ouvriers transportés jusqu'à ce jour dans les convois spéciaux n'a guère diminué. Il peut se faire qu'à Verviers

la situation soit autre qu'à Charleroi, à Liége et à Bruxelles, mais l'industrie du bâtiment marche avec une prospérité si complète dans la capitale que le nombre des ouvriers, loin de diminuer, augmente sensiblement. Charleroi n'éprouve qu'une réduction dans son travail et je ne pense pas que nous puissions, d'ici à peu de temps, voir baisser les salaires en Belgique.

Mais devons-nous demander aux misères de l'industrie une amélioration à la situation de l'agriculture? N'est-il pas plus sage de chercher à produire plus, de façon à accroître le bien-être des cultivateurs, à développer la production du pays? Pour ma part, je crois préférable de demander à la science, au progrès, ce que nous ne pouvons pas espérer de crises passagères, que nous devons tous désirer de voir cesser le plus tôt possible.

Ce qu'il faut pour les cultivateurs, c'est un enseignement comme celui que Louvain donne aux industriels. Pourquoi les ingénieurs agricoles ne trouveraient-ils pas les ressources données aux ingénieurs industriels?

M. Gilbert. — Je partage les vues de M. t'Serstevens, et je pense qu'il devrait, vu la gravité de la question, prendre l'initiative de propositions bien nettes sur les différents points qu'il a signalés, notamment sur les moyens de répandre l'instruction agricole dans les campagnes.

On pourrait ensuite commencer une espèce de propagande pour obtenir la réduction des tarifs en faveur des transports de l'agriculture.

M. L. t'Serstevens. — Du côté matériel, il est facile d'obtenir gain de cause. Je crois que le Gouvernement est tout disposé à accorder aux cultivateurs ce qu'il a donné depuis longtemps à l'industrie. Mais sous le rapport scientifique la situation ne m'apparaît pas aussi brillante, aussi sûre. Nous donnons l'instruction aux avocats, aux médecins, aux ingénieurs. Pourquoi négligerions-nous cette immense industrie agricole? Je me demande si, là aussi, nous n'avons pas un véritable devoir à remplir.

N'y a-t-il pas là quelque chose qui commande l'intervention de ceux qui peuvent agir? N'est-il pas désirable de voir la *Société scientifique*, et non pas un de ses membres seulement, prendre

l'initiative de démarches auprès des hommes qui peuvent corriger cette situation?

M. le C[te] Fr. van der Straten-Ponthoz. — Je viens confirmer ce que dit mon ami M. t'Serstevens. Il est évident que l'agriculture ne peut pas compter sur les souffrances de l'industrie. Ce sont deux sœurs, elles doivent marcher d'accord. Si l'industrie agricole s'est dévoloppée en Angleterre d'une manière si considérable, alors que sur le continent elle végétait, c'est que l'Angleterre s'est la première occupée des études industrielles que sa position géographique lui commandait. C'est l'industrie de l'Angleterre qui a développé son agriculture, tandis que les pays du continent restaient dans une voie exclusivement foncière et agricole. Sur le continent l'agriculture a toujours été sacrifiée à l'industrie; aussi peut-on dire que celle-ci a pris un développement tout à fait anormal si on le compare à celui de l'agriculture. Il en est résulté que les intérêts de l'une et de l'autre ont paru souvent en opposition. Le point important est de les faire vivre en parfaite harmonie, de telle sorte que les facilités accordées à l'une profitent à l'autre. Les mesures administratives favorables à l'agriculture doivent également amener le développement de l'industrie.

M. Lefebvre, *président*. — M. t'Serstevens exprime le vœu que la *Société scientifique* fasse quelque chose de pratique; les vœux platoniques n'amènent jamais de grands résultats. Peut-être la liberté d'enseignement, personnifiée par l'Université catholique de Louvain, pourrait-elle faire quelque chose dans le sens qu'il a si bien indiqué. Ne pensez-vous pas que nous pourrions prier M. t'Serstevens, en lui adjoignant M. le C[te] Fr. van der Straten-Ponthoz — l'un et l'autre ont la compétence voulue — de nous présenter, dans la séance de demain ou d'après-demain, une proposition bien nette, bien définie qu'on soumettrait à l'approbation de l'Assemblée? Si cette question devait soulever des débats ultérieurs, nous n'avons pas à ménager le temps. Nous avons à l'ordre du jour certaines questions qui n'ont pas la même importance que celle que M. t'Serstevens a soulevée. Pour mon compte, j'ai une espèce de remplissage dont je ferais très-volontiers le sacrifice.

Deux mots encore : les comptes de la Société ont été vérifiés par deux commissaires qui y ont apposé leur signature et qui en ont par conséquent accepté la responsabilité. Je vous propose de les déclarer adoptés. (*Adhésion.*)

VII.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE DU MERCREDI 25 OCTOBRE 1876.

M. Masoin, professeur à l'Université catholique de Louvain, lit un travail sur *l'action réflexe cérébrale, d'après M. Luys.* Cette communication, dont les développements sont destinés à la *Revue des questions scientifiques,* peut se résumer comme suit :

Tout homme qui a cultivé les sciences possède la notion du mouvement réflexe, phénomène important qui anime presque tous les rouages de notre vie végétative, et que l'on définit encore aujourd'hui d'une manière classique : le mouvement qui succède irrésistiblement à une impression portée sur des fibres sensitives. Tels sont l'agitation violente et le rire convulsif qui éclatent par le fait du chatouillement de la plante des pieds ou du creux de l'aisselle; — tel est le resserrement de la pupille quand la lumière vient inonder notre œil; — telles sont les contractions et les sécrétions suscitées dans l'estomac et les intestins par le contact des aliments. Bref, les exemples abondent; mais dans tous, que la sensibilité consciente ait été ou non mise en émoi, une impression sensitive ouvre la scène et la volonté demeure étrangère au résultat qui se dégage sous forme de mouvement proprement dit, de sécrétions, de relâchements, de modifications vasculaires ou autres, depuis les plus obscures jusqu'aux plus éclatantes.

Néanmoins, dans ces derniers temps, quelques physiologistes se sont imaginé d'étendre outre mesure le domaine des réflexes; dans leur entreprise hardie, ils n'ont pas craint d'assimiler à ce

groupe de phénomènes les opérations les plus délicates et les plus élevées de l'esprit, les actes en apparence les plus volontaires et les plus spontanés, ceux que l'opinion la mieux établie rapportait à l'intervention d'un principe immatériel, intelligent et libre, surajouté à la matière, et usant du cerveau, comme d'un temple, pour l'exercice des plus nobles fonctions. D'après les formules les plus radicales de la nouvelle école, les impressions de sensibilité physique, arrivant de l'extérieur, sont concentrées d'abord, *animalisées, spiritualisées, quintessenciées* — (M. Masoin emprunte ces expressions à l'ouvrage de M. Luys : *Le cerveau et ses fonctions*, Paris, 1876) — dans les ganglions cérébraux qui portent le nom de couches optiques, puis de là dardées vers des centres prétendus définis dans l'écorce du cerveau, fournies comme matière première à l'action des réseaux nerveux de la sphère psycho-intellectuelle, qui ne travailleraient que sous le coup de ces stimulations importées du dehors. A ce titre, le *sensorium commune* n'est plus que la concrétion des sensibilités partielles de l'organisme, concrétion entretenue par la *phosphorescence* des cellules nerveuses; — les mouvements que nous croyons volontaires, qui nous transportent dans l'espace au gré de nos désirs (du moins nous le pensions), qui animent notre langue et nos mains pour en faire d'admirables instruments de relation dans la vie sociale, tous ces mouvements ne sont plus que des réactions de la sensibilité matérielle, des phénomènes réflexes, pas autre chose; — la sensibilité morale devient « la synthèse purement physiologique de toutes les activités nerveuses » (voir le livre de M. Luys, p. 86); — la mémoire représente une propriété primordiale des éléments nerveux (p. 111); — réfléchir, c'est tout simplement livrer à l'automatisme des cellules cérébrales une détermination à prendre (p. 151); — dans le champ pourtant si fécond du travail intellectuel « tout se fait d'une façon irrésistible, fatale, inconsciente, au nom de l'activité automatique qui règne en souveraine et devient par cela même la seule force qui régente et commande la série des opérations de l'intellect; c'est elle, en effet, qui crée des rapports nouveaux, qui tient en réserve nos souvenirs quotidiens et les enchaîne aux événements récents, et

qui, toujours présente, toujours active, par un phénomène étrange, dont nous sommes incessamment les dupes, se fait jour sous forme de *spontanéité* dans nos idées, nos paroles, nos actes, et devient ainsi l'expression la plus vivante de la verdeur et de la vitalité des régions cérébrales qui lui ont donné naissance » (p. 183).

« Voilà les conclusions graves que l'on vient nous proposer, dit M. Masoin, tout en prétendant « n'avoir d'autres visées que de faire pénétrer les données de la physiologie contemporaine dans le domaine impénétré jusqu'ici de la psychologie spéculative, etc. » (préface, p. x), comme si la physiologie contemporaine entendait souscrire, aveugle et résignée, à cette abdication suprême. Telle est, en quelques mots, la doctrine de l'action réflexe cérébrale ou de la cérébration inconsciente, doctrine ébauchée depuis 40 ans à peine par Laycock, et dont M. Luys semble actuellement un des interprètes les plus autorisés. »

Ici, le professeur de Louvain — après un brillant éloge de M. Luys, qui au double prestige de la science et du talent joint des qualités remarquables d'exposition — circonscrit le but de sa lecture à un essai de critique au point de vue physiologique; il vise l'ouvrage intitulé *le Cerveau et ses fonctions.*

M. Luys semble vouloir d'abord préparer le lecteur à sa doctrine en soumettant à une élaboration préliminaire tout le contingent des impressions sensitives qui se déversent dans le cerveau; il croit fermement avoir découvert dans les couches optiques le laboratoire spécial qui *épure*, qui *animalise*, qui *rend plus assimilable* l'apport sensitif cheminant vers les circonvolutions cérébrales. Pénétrant, ou du moins croyant pénétrer plus avant encore dans l'intimité des couches optiques, il y décrit des noyaux isolés et indépendants qu'il assigne à chaque ordre d'impressions comme foyers de métamorphose. Mais M. Masoin estime que les arguments invoqués pour étayer ce point de doctrine sont insuffisants. Il conteste la valeur des inductions anatomiques que l'auteur expose d'après des épreuves photographiques, et qui feraient admettre l'existence de connexions précises, reliant d'une part tel point des couches optiques, d'autre part telle région

définie de l'écorce cérébrale et même les appareils périphériques des sens; d'ailleurs, ajoute-t-il, la démonstration anatomique ne formerait ici que l'avant-garde d'une démonstration qui doit puiser sa force dans les expériences des physiologistes et dans les documents de l'observation médicale. Or, sur ce terrain, M. Masoin s'applique à prouver que les travaux du docteur Fournié, le témoignage de Serres, etc., ne possèdent pas la signification que M. Luys leur accorde.

Examinant ensuite la question à la lumière — très-incomplète assurément — des indications fournies par la science, il invoque le témoignage de Nothnagel, de Gombault et Rendu, de Vulpian, etc., et conclut finalement que l'on ne peut admettre le rôle qu'il convient à M. Luys de faire jouer aux couches optiques.

Posant en fait que les grandes cellules nerveuses président aux incitations motrices et les petites aux phénomènes sensitifs, M. Luys imagine une conformation intime du cerveau basée sur ce fait primordial. Mais M. Masoin récuse le fait lui-même, et pour le juger il rappelle, entre autres, l'opinion peu suspecte de Beaunis et Bouchard qui déclarent que « dans l'état actuel de la science il ne saurait être attaché aucune valeur à cette hypothèse. »

D'après M. Luys, les impressions sensitives et sensoriales, émergeant des couches optiques, ne seraient pas dirigées et disséminées d'une manière indifférente dans l'enveloppe corticale du cerveau; tout au contraire, chaque ordre d'incitations serait cantonné dans une aire spéciale de la périphérie de l'organe. Trois arguments sont produits pour étayer cette proposition. Et d'abord l'anatomie du cerveau, d'où résulterait l'existence de connexions directes entre tel ou tel point des couches optiques et tel ou tel district des circonvolutions. M. Masoin affirme que l'existence de pareilles commissures est absolument douteuse, et que leur démonstration d'ailleurs ne trancherait pas la question en litige. Le deuxième argument consiste à prétendre qu'en enlevant méthodiquement des tranches successives du cerveau, on peut faire perdre aux animaux divers ordres de perception isolément. Le professeur de Louvain conteste encore

ce fait, et montre — textes en main — combien on a tort de placer cette opinion sous le patronage de Flourens, alors que ce regretté physiologiste — et d'autres encore après lui — n'admettaient aucunement la segmentation en question. M. Luys va chercher un troisième appui dans les expériences de Schiff sur l'échauffement des nerfs et des centres nerveux par l'effet d'irritations sensitives et sensorielles; à l'en croire, le physiologiste de Florence aurait démontré d'une façon précise que le cerveau s'échauffait en des point différents pour divers ordres d'impressions (sensitives proprement dites, olfactives, gustatives, etc.). Mais, vérification faite sur les textes originaux, il se trouve que Schiff n'a point signalé ce résultat.

Après avoir indiqué au passage plusieurs notions physiologiques erronées ou douteuses que M. Luys utilise néanmoins comme matériaux de démonstration, après avoir notamment fait ressortir l'empressement illégitime de l'auteur à reconnaître les centres psycho-moteurs comme *démontrés*, M. Masoin aborde le cœur même de la question.

« Arrivons donc, dit-il, au couronnement de l'édifice, aux formules qui résument toute la construction si laborieusement élevée sur un sol mouvant; toutefois ici, n'en déplaise à M. Luys qui renferme toute la question dans les cadres de la physiologie, le terrain va bientôt se dérober sous nos pas ; nous sortons du domaine physiologique, et la philosophie pourrait, de sa voix grave et sévère, nous adresser des revendications légitimes. Aussi je serai bref. »

« D'après M. Luys la notion de la personnalité, la genèse des idées, les actes du jugement et de la volonté, toutes les opérations de la sphère psycho-intellectuelle, en un mot, trouvent leur source dans la sensibilité des éléments nerveux : Tout se passe dans le cerveau d'une façon en quelque sorte inconsciente et automatique, par la vertu propre des appareils traversés par le processus en évolution, — comme s'il s'agissait d'une simple opération réflexe, se développant à travers le réseau gris de la moelle, — comme s'il s'agissait d'un corps étranger, d'une substance toxique introduite fortuitement dans l'estomac et opérant

fatalement son parcours à travers les régions successives du canal intestinal » (p. 241).

« Sans dérouler ici le tableau des phénomènes de l'ordre intellectuel et moral, mais ouvrant avec discrétion quelques replis de notre vie intérieure, et se bornant au simple rôle d'observateur des faits, on aperçoit aisément une différence profonde, infranchissable, entre l'activité spinale et l'activité cérébrale. Que voyons-nous, en effet, si nous assistons au dégagement des phénomènes réflexes qui jaillissent, si nombreux, de la moelle épinière? — A part le retard d'une minime fraction de seconde, le mouvement succède sans intervalle à l'action d'un stimulant dont la présence est toujours formellement requise; son évolution est fatale, aveugle, souvent inconsciente : le voulant ou ne le voulant pas, nous assistons à sa genèse sur nous-mêmes; il s'empare de nos muscles comme par une main de fer, et avec une puissance souveraine il les jette dans des spasmes irrésistibles, depuis les plus légers jusqu'aux plus graves, jusqu'à la mort même (tétanos). Allons-nous retrouver ces caractères dans le prétendu réflexe cérébral? — Eh bien! non, Messieurs, et nous pouvons à tout instant, si nous descendons en nous-mêmes, recueillir la preuve qui nous convaincra. Nous pouvons, sans stimulation extérieure, dans le silence de tous les bruits du dehors, dans le recueillement des sens, évoquer à notre aise et selon nos caprices quelques souvenirs dans les éloignements du passé, et aussitôt les *vestigia rerum* viendront se dresser, vivaces et dociles, devant nous. Ils semblaient profondément enfouis, perdus même, dans les réservoirs de la mémoire comme dans une tombe; mais, si je ne craignais d'abuser d'un mot sacré, je dirais que cette tombe était vivante. C'est que l'âme, gardienne fidèle, avait conservé dans son sanctuaire l'empreinte des faits malgré la destruction des cellules nerveuses, à travers toutes les rénovations du tissu cérébral qui — pareil à la toile de Pénélope — se défait et se reconstitue chaque jour, entraîné, lui aussi, dans un mouvement de tourbillon (tourbillon vital). Il a suffi d'un mot, d'un symbole pour faire tressaillir tous les ressorts de notre être, pour faire revivre devant nous les temps écoulés et les souvenirs de notre

enfance, pour rajeunir des sentiments qui semblaient nous être devenus étrangers, pour rafraîchir des notions scientifiques qui, de longtemps, n'avaient point comparu devant notre conscience intime. Et l'on viendrait nous dire que c'est là, en dernière analyse, un phénomène dans lequel *tout se passe comme s'il s'agissait d'une simple opération réflexe se développant à travers le réseau gris de la moelle !* D'autres fois, tandis que ces échos du passé font vibrer les cordes sensibles de notre âme, tandis que ces visions des temps lointains défilent devant nous comme des processions tranquilles, nous arrêtons, au passage, l'un ou l'autre des personnages qui forment ce long cortége de souvenirs; nous le considérons avec complaisance et nous concentrons toutes nos pensées avec sympathie vers lui, ou bien nous le repoussons avec horreur; encore bien que certains souvenirs en évoquent naturellement d'autres analogues ou contemporains, nous pouvons aussitôt réprimer ces apparitions quand nous les jugeons inopportunes, et poursuivre notre revue du passé au point de vue que nous avons choisi; en un mot, notre esprit se meut avec une liberté d'allures dont il ressent la conviction absolument inviolable. »

« A un degré plus avancé encore, nous prenons telle détermination volontaire et raisonnée pour laquelle notre âme peut se rendre le témoignage qu'elle agit dans la plénitude de sa liberté; nous avons pesé les motifs divers qui nous inclinaient vers des lignes de conduite opposées; nous avons prévu les conséquences de nos actes; dominant tout ce qui nous pousse dans une voie déjà parcourue ou qui semble fatale, l'instinct, l'habitude, la chair et le sang — (d'autres diraient la phosphorescence et l'automatisme), — nous résistons fermement par l'énergie de notre volonté personnelle, ou bien, nous laissant amollir, nous glissons sur la pente funeste. Et ainsi, à la suite de ces conflits intimes, au sortir de luttes parfois prolongées et douloureuses, se constitue la responsabilité de nos actes; ainsi naissent le crime et la vertu, le mérite et l'infamie. Parlerons-nous des conceptions pures et fécondes qui surgissent dans le domaine de l'intelligence, et qui, atteignant leur apogée, caractérisent le rayon

céleste, l'illumination supérieure qui se nomme le génie. Eh quoi! les inspirations héroïques d'Homère et de Virgile, les calculs admirables d'un Newton, les hautes spéculations de Descartes et de Leibnitz, les oraisons funèbres de Bossuet, les tragédies de Racine, les chefs-d'œuvre de Michel-Ange, de Raphaël et de Rubens, les créations musicales de Beethoven et de Meyerbeer, la science d'un Alexandre de Humboldt, tous nos trésors enfin dans le monde littéraire, artistique et scientifique seraient des produits réflexes engendrés dans le système nerveux tout « comme s'il s'agissait d'un corps étranger, d'une substance toxique introduite fortuitement dans l'estomac et opérant fatalement son parcours à travers les régions successives du canal intestinal! » Et l'on voudrait nous persuader que ces opérations si hautes et si délicates sont des actes réflexes tout à fait comparables à ceux qui prennent leur source dans la moelle épinière! Mais que dis-je? — Non-seulement ils souffriraient cette comparaison, mais ils appartiendraient exactement au même ordre; pour le mécanisme, pour le fond, par toute leur nature enfin — sauf un degré de perfection — ils seraient identiques aux actes involontaires qui toujours réclament l'action d'un stimulant matériel pour se produire au dehors, qui, provoqués à sortir, apparaissent immédiatement pour faire place ensuite au repos indéfini, qui occupent la scène souvent à l'insu, toujours sans le concours, parfois même contre les efforts de notre volonté! Il est vrai que M. Luys fait habilement miroiter des mots éblouissants qui séduiront la foule irréfléchie : *la phosphorescence et l'automatisme des éléments nerveux.* Mais qu'est-ce, après tout, que la phosphorescence et l'automatisme revêtus d'un pouvoir si vaste sinon de pures fictions, des hypothèses sans preuves, des comparaisons qui remplacent les arguments, des ombres qui s'évanouissent dès qu'on veut les toucher, puis derrière tout cela, le spectre du matérialisme et du fatalisme ? Comment nous imaginer, par exemple, que les vibrations des molécules cérébrales parviendront jamais à éveiller, ne fût-ce que de simples perceptions, si derrière elles ne se trouve pas un principe qui les recueille et les ressent, celui-là même qui dispense à tout l'organisme le mouvement et la vie, le *mens agitans molem ?* »

« Néanmoins, il faut bien le dire aussi, parfois les vibrations de la matière retentissent directement jusque dans les plus hautes sphères du travail de l'âme ; des modifications, tellement intimes et fugaces qu'elles échappent presque à l'observateur le plus attentif, peuvent obscurcir notre clairvoyance, incliner nos déterminations avec une force inéluctable — réactions étranges, où les rôles sont intervertis, où le char emporte vers l'abîme les coursiers sans frein et le maître affolé, et qui produisent ces entraînements irrésistibles, ces monomanies impulsives, si dignes de toute l'attention des médecins, des magistrats et des moralistes. Que la circulation cérébrale se trouble un instant, qu'un souffle d'épilepsie passe à travers le système nerveux, tout aussitôt l'intelligence s'obscurcit, le sens moral s'oblitère, et l'on voit l'homme le plus honorable, le plus sage, le plus réservé commettre des actes qui, après nous avoir glacés de stupeur, laissent pourtant la justice humaine désarmée. Quand l'épilepsie en particulier se déchaîne dans les mailles du tissu cérébral, tout s'y dessèche comme au vent de la tempête ; la fureur la plus redoutable, la perversion la plus étrange viennent signaler son passage, sans que la responsabilité soit pour cela compromise. Mais les phénomènes de cette espèce sont reconnus et précisément notés comme exceptionnels ; aussi ne sauraient-ils prévaloir contre la règle qui fait supporter à tout homme la responsabilité de ses actes, parce qu'il a reçu de Dieu le don précieux qui le rend susceptible de mérite, la liberté. D'autres fois, la répétition d'un acte musculaire qui, dans le principe, était strictement soumis à l'empire de la volonté et réglé par elle dans tous les détails, semble orienter les éléments nerveux dans l'encéphale et la moelle épinière, assouplir nos muscles et nos jointures, à tel point que cette aetion musculaire se reproduit machinalement et d'une manière presque absolument inconsciente. A qui n'est-il pas arrivé, par exemple, d'exécuter dans les rues d'une ville, sans aucune erreur, un trajet tortueux, très-complexe, et pourtant le plus convenable pour arriver au but que l'on se proposait d'atteindre ? — Notre attention demeurait flottante, ou bien notre esprit était plongé dans les plus sérieuses méditations ;

nous n'avons fait aucun retour sur nous-mêmes pour discerner la route; le cerveau s'est trouvé, pour ainsi dire, désintéressé dans un fait qui pourtant est réputé volontaire; la connaissance exacte des lieux, la force de l'habitude, une perception vague, sinon entièrement inconsciente, des impressions visuelles qui se succédaient sur notre rétine, mais qui n'ont pas ému le *sensorium*, tout cela nous a suffi pour arriver à notre destination, d'une manière que je veux bien appeler automatique, le but du trajet étant défini. On oserait bien soutenir que, pendant cette marche inconsciente, la protubérance annulaire tenait le gouvernail, et qu'ainsi dans l'espèce il ne s'agit pas de eérébration inconsciente; on pourrait même, à bon droit, généraliser un reproche semblable, pour le faire peser sur un grand nombre d'exemples que Laycock et Carpenter produisent dans leur doctrine; ear toute une série des faits allégués par eux dépend, non pas du cerveau, mais du mésocéphale ou de la moelle épinière, et tombe complétement à faux dans une théorie de la eérébration inconseiente. Quoi qu'il en soit, il ne nous répugne aucunement d'admettre dans le cas d'une marche machinale, et dans plusieurs autres pareils, une sorte d'automatisme, une cérébration inconsciente. Mais ce qui reste inacceptable, c'est l'extension inouïe donnée au facteur *exceptionnel et subalterne* qui s'appelle l'inconscience ; aussi nous ne nous lasserons pas de protester eontre les envahissements de la phosphorescence et de l'automatisme; c'est à peine si l'on trouve place pour ces deux propriétés sur le terrain de l'action intellectuelle et morale dans son épanouissement complet et régulier. »

« Au terme de cette étude, nous sommes peut-être autorisés à conclure que les faits physiologiques, invoqués par M. Luys et placés à la base de sa théorie, sont marqués du cachet de l'insuffisance, et que plusieurs d'entre eux sont même catégoriquement faux. Compromise dans ses fondements, faible d'ailleurs sous toutes ses faces, la tentative nouvelle avortera, encore bien que, pour réussir, l'auteur ait déployé toutes les richesses du talent le plus souple; car j'aime encore, avant de finir, à rendre hommage aux qualités remarquables dont il a fait preuve dans l'exposé de sa

thèse; son livre renferme des pages véritablement admirables, des tableaux réalistes mais saisissants de la vie cérébrale. Si je l'ai combattu, ce n'est — je l'avoue — qu'avec un regret intime; aussi je me suis efforcé d'entretenir la lutte sur les hauteurs de la science, sur des sommets inaccessibles aux mesquines questions d'animosité personnelle. Humble soldat de la cause spiritualiste, je défends avec amour mon drapeau contre les attaques qu'il subit; me sera-t-il permis d'ajouter que je le défends ici avec confiance? Les doctrines spiritualistes qui étaient en jeu, ces doctrines généreuses et consolantes qui ont fait l'honneur des plus nobles esprits depuis l'antiquité jusqu'à nos jours, sortiront bientôt saines et sauves — j'en ai la ferme espérance — du combat nouveau qu'on leur suscite au nom de la science, pauvre science dont le pavillon couvre trop souvent des marchandises de contrebande. Non, Messieurs, l'âme immortelle, l'étincelle divine, l'hôtesse sublime du corps humain n'est pas encore dépossédée. »

Le R. P. Perry, S. J., directeur de l'Observatoire de Stonyhurst, expose les préparatifs, les péripéties et les résultats de l'expédition astronomique, dont l'Angleterre lui a confié le commandement, pour l'observation à l'île de Kerguélen du passage de Vénus sur le soleil au mois de décembre 1874. Cette belle conférence, illustrée de cartes, de photographies, de projections à la lumière électrique, et animée par une fine pointe de bonhomie et d'*humour* britannique, excite au plus haut degré l'intérêt de l'assemblée, et est fréquemment interrompue par de chaleureux applaudissements. Un résumé ne pourrait qu'en donner une idée fort peu exacte. Il a semblé plus utile de n'en extraire ici que les renseignements positifs qui intéressent les astronomes.

Nous avions deux raisons, dit le P. Perry, de chercher des stations propres à la méthode de Delisle : 1° cette méthode qui n'exige pas que l'on observe dans un même lieu l'entrée et la sortie, est beaucoup moins sujette à être contrariée par les varia-

tions de l'état du ciel; 2° nos instruments de passage et nos altazimuths sont aujourd'hui tellement parfaits, que l'on peut accorder plus de confiance aux déterminations de longitudes qu'aux observations mêmes du contact.

Pour les observations d'*entrée*, les Anglais choisirent les îles Sandwich, Kerguélen et Rodrigues; pour les observations de *sortie* la Nouvelle-Zélande et l'Égypte.

Pour la méthode de Halley, il y eut accord entre M. Struve et sir G. Airy; les Russes se chargèrent des stations septentrionales, les Anglais s'associèrent à ces stations par celles de Kerguélen, de la Nouvelle-Zélande et de Rodrigues.

L'observation de Vénus sur la surface même du soleil fournit aujourd'hui une nouvelle méthode, plus directe même que la méthode des contacts. L'*héliomètre* paraît n'avoir été employé pour ces mesures que par les Allemands, les Russes et lord Lindsay. Les expéditions anglaises employèrent le *micromètre à double image* pour mesurer les pointes du croissant, les diamètres et les distances des limbes près du contact.

Pour photographier la planète sur le disque solaire, elles eurent recours à l'équatorial, et obtinrent par le collodion sec des images de quatre pouces. Les Américains préférèrent la lunette fixe avec l'héliostat, et n'augmentèrent pas l'image directe au moyen de l'oculaire. Les Français, renonçant à la photographie ordinaire, se servirent du daguerréotype.

Le spectroscope paraît n'avoir été employé, pour le contact extérieur, que par MM. Janssen, Tacchini, lord Lindsay, capitaine Tupman et à notre station de Kerguélen par M. Browning.

Grâce à des préparatifs qui durèrent plusieurs années, les instruments, les observatoires, tout fut prêt à temps. Les astronomes commencèrent à quitter l'Angleterre en mai et en juin.

L'expédition de Kerguélen se divisa, au départ, en deux détachements qui se réunirent au cap de Bonne-Espérance. Là le commodore Hewett et M. Stone, astronome de l'amirauté, nous aidèrent de tout leur pouvoir. L'*Encounter* et le *Supply*, de la marine royale, avaient été désignés par l'amirauté pour nous por-

ter à destination. Mais un accident arrivé au premier pendant la guerre des Ashantees le fit remplacer par le *Volage*. Le 18 septembre, nous quittâmes le Cap, le 2 octobre nous passâmes devant les îles Crozet, et le 6 nous étions presque en vue de Kerguélen, quand une terrible tempête, qui balaya du pont beaucoup de nos animaux, nous retarda de plus de deux jours. Nous abordâmes enfin dans cette île, si bien nommée la *Désolation*. Bien que le printemps fût assez avancé, elle était toute couverte de neige. Deux schooners pour la pêche du phoque se trouvaient dans *Royal Sound*, attendant le vent pour aller à l'île de Heard. Le capitaine Bailey nous servit de guide, et nous trouvâmes un site excellent pour notre station principale. Les supports de nos instruments furent établis sur le roc, et nos huttes purent être placées de niveau, à l'abri des tempêtes du nord et de l'ouest, sans gêner la vue de l'horizon. Après le gros travail de ce premier établissement, nous choisîmes un site à quelque six ou sept milles au sud, pour notre second observatoire. Deux astronomes s'y établirent avec un instrument de passage et un petit altazimuth pour le temps et la latitude, et deux lunettes de quatre pouces pour les contacts.

Les Allemands et les Américains, qui d'abord pensaient occuper l'île de Heard, s'établirent aussi à Kerguélen; ceux-ci à *Royal Sound* près de la Pointe du prince de Galles, à huit milles environ au nord-ouest de notre première station; ceux-là à *Betsy Cove*, dix milles au nord des Américains. Les îles Crozet avaient aussi été abandonnées; et il en résultait qu'un grand nuage, couvrant la pointe orientale de Kerguélen, eût suffi pour faire disparaître toutes les meilleures stations d'*entrée tardive* pour la méthode de Delisle, et les stations méridionales pour la méthode de Halley. Pour parer à ce danger, je songeai d'abord à occuper l'île de Heard. Mais l'arrivée du capitaine Fuller, qui connaissait parfaitement ces parages, nous apprit que c'était là, pour des astronomes et des instruments, tenter l'impossible. Il fallut renoncer à ce projet, et choisir une troisième station dans Kerguélen même. Ce choix nous réussit à merveille; car de cette station on put observer tout le passage, tandis qu'à l'île de Heard,

comme les pêcheurs nous l'apprirent ensuite, le soleil resta caché toute la journée le 8 décembre.

L'aurore de ce jour fut belle à Kerguélen, mais le ciel se chargea peu à peu de nuages qui gênèrent les observations. A la *première station*, on put voir Vénus jusqu'à un moment où son centre était déjà sur le soleil; mais un petit nuage empêcha de voir le premier contact intérieur. On fit treize photographies et quelques mesures angulaires pendant le passage, et à la sortie, les deux contacts et la bissection furent bien observés avec des lunettes de quatre et de six pouces. A la *seconde station*, ces deux astronomes virent parfaitement l'entrée, mais la sortie fut couverte par des nuages. Succès complet à la *troisième station*. Vu la mauvaise réputation de cette terre désolée, nous avions le droit d'être satisfaits d'un pareil résultat.

Les ordres qui nous avaient été donnés en Angleterre pour la détermination des longitudes étaient très-formels, et nous obligèrent à rester cinq mois entiers, même à la demi-ration. Pour notre longitude fondamentale, nous eûmes dix-neuf passages de la lune, quatre-vingt-dix doubles hauteurs ou azimuths, et une occultation. Les diverses stations de l'île furent reliées, au moyen de huit chronomètres spéciaux, et des signaux au coton-poudre nous réussirent fort bien sur une île au centre de *Royal Sound*. De plus, nous pûmes comparer tous nos chronomètres avec l'heure du cap de Bonne-Espérance.

D'autres observations furent faites pendant ces cinq mois; M. Eaton enregistra tout ce qui pouvait éclairer et enrichir l'histoire naturelle; on obtint une série complète pour le calcul des éléments magnétiques; et grâce aux hommes du Royal Engineers, de deux heures en deux heures on prenait, jour et nuit, les indications des instruments météorologiques. On laissa dans l'île, pour se multiplier, un nombre considérable de lapins et de chèvres, amenés du Cap.

Deux heures après le dernier passage de la lune, le *Supply* partait pour le cap, et le *Volage* pour Ceylan, Aden et l'Europe. Avant d'atteindre l'équateur nous passâmes dans un cyclone et nous subîmes, sans accident grave, une tempête de deux jours.

Ce voyage fut encore mis à profit, pour enrichir la carte magnétique du globe.

Les autres stations anglaises, sauf une, ont eu un temps excellent, et ont fourni une riche moisson de faits. L'Inde a été favorisée, et les observateurs de Melbourne et de Sydney ont amassé de quoi nous consoler de l'insuccès de la Nouvelle-Zélande. Dans cette contrée où l'on croyait pouvoir être sûr du beau temps, les astronomes ont éprouvé une cruelle déception. Outre ses expéditions officielles, et celles de ses colonies, l'Angleterre a contribué à l'entreprise par l'initiative privée. Citons MM. Tebbutt et Hennessy en Australie et dans l'Inde, l'amiral Ommanney et le colonel Campbell en Égypte, et surtout lord Lindsay à l'île Maurice.

La Russie, qui avait trente-deux stations, a réussi complétement dans cinq et partiellement dans huit. La France a réussi admirablement à Saint-Paul, à Nangasaki, à Pékin; les nuages ont gêné ses observateurs à la Nouvelle-Calédonie, et ont tout empêché à l'île Campbell. L'Amérique a été plus heureuse dans le Nord que dans le Sud; ses meilleurs résultats sont dus à la photographie. L'Allemagne a employé heureusement ses héliomètres et ses héliographes. L'Autriche, la Hollande et l'Italie ont également contribué au succès. Un astronome belge, membre de la Société scientifique de Bruxelles, le R. P. Lafont, a fait partie de l'expédition de M. Tacchini au Bengale.

Nous pouvons donc être sûrs que ces expéditions, préparées par des hommes comme MM. Airy, Struve, Puiseux, Auwers, Newcombe, et favorisées en général par le beau temps, enrichiront la science. Mais il faut attendre que les longitudes aient été calculées, les photographies mesurées, les contacts discutés, avant de comparer les diverses méthodes et de dire quel degré d'approximation nous avons atteint.

On peut citer toutefois certains résultats intéressants, qui seront utiles en 1882. La vapeur d'eau, découverte par M. Tacchini dans l'atmosphère de Vénus; la différence entre le contact oculaire et le contact photographique, démontré par M. Janssen; la possibilité de voir Vénus sur la chromosphère, avant le premier contact, sans le secours du spectroscope; l'absence d'ellipticité dans

la planète, etc. Le ligament noir, qui offrit tant de difficultés au XVIII[e] siècle, a presque disparu, grâce au perfectionnement des lunettes; mais un nouvel obstacle, presque aussi gênant, s'est révélé sous forme d'anneau brillant. Heureusement nous savons que les difficultés sont rarement invincibles quand on les connaît bien. Nous pouvons donc attendre des observations de 1874 un premier progrès sérieux dans notre connaissance actuelle de la parallaxe solaire, et d'utiles indications pour réaliser, lors du passage de 1882, un progrès plus considérable encore.

M. Lefebvre, *président.* — Je suis certain d'être l'écho de la Société en offrant au R. P. Perry les remerciments les plus chaleureux et les plus profondément reconnaissants. Vous ne saurez jamais, vous qui n'êtes pas entrés dans les petits détails de cette expédition — je ne parle pas de celle de l'île de la Désolation, mais de ce simple voyage d'Angleterre en Belgique — ce qu'il a fallu de dévouement, de dépenses, de zèle, pour cette installation, qui a pris une heure ou deux de votre attention. Je vous prie donc de vous joindre à nous pour offrir au R. P. Perry l'expression d'une reconnaissance profonde et sincère. Le R. P. Perry s'est excusé de ne pas parler mieux notre langue et de ne pas être assez préparé. C'est nous qui devrions nous excuser de ne pas être à la hauteur de la science prodigieuse qu'il vient de déployer ici.

En vérité, Messieurs, je ne sais ce qu'il faut le plus admirer ou de ces hommes qui, appelés à la vocation la plus austère et la plus élevée, le ministère des âmes, s'adonnent comme par surcroît à la culture de la science, avec un désintéressement et une ardeur incomparable, ou de cette grande et protestante Angleterre qui, abjurant des préjugés auxquels des pays catholiques ne rougissent pas de sacrifier, nomme des jésuites pour diriger ces grands travaux astronomiques. (*Longs applaudissements*).

Toast du docteur Lefebvre, président, au banquet du mercredi 25 octobre 1876.

« Messieurs,

» J'ai l'honneur de vous proposer un double toast, un toast à deux majestés que vous ne séparez pas dans vos cœurs, parce que d'âme et de cœur vous êtes à la fois catholiques et Belges, au Pape et au Roi!

» Lorsque notre mère est visitée par l'infirmité ou le malheur, nous éprouvons pour celle qui nous a mis au monde une tendresse plus vive, plus respectueusement passionnée, nous sentons le besoin de lui en prodiguer les témoignages. Messieurs, notre mère spirituelle, la Sainte Église, est dans la tribulation; elle n'est pas infirme, grâce au Ciel, on n'a pas d'infirmités quand on ne peut pas mourir, mais elle est éprouvée, elle est persécutée, et c'est pour cela qu'au fond de nos entrailles chrétiennes nous sentons un redoublement de notre amour filial, et c'est pour cela que j'éprouve en ce moment une émotion respectueuse et attendrie en buvant à la santé de l'illustre et bien-aimé chef de l'Église, de Pie IX.

» Messieurs,

» Quand, il y a un an, nous nous sommes réunis pour la première fois, nous avons inscrit en tête de notre programme cette grande parole: Il ne peut jamais y avoir de désaccord véritable entre la foi et la raison.

» C'est cette idée qui a fait naître la *Société scientifique de Bruxelles*, c'est cette idée qui inspire et qui dirige nos travaux, c'est elle qui résume notre vie et notre esprit.

» Soldats dévoués de la science et de la vérité, nous proclamons hautement que des hauteurs de la foi il descend sur nos

œuvres une lumière supérieure, qui fait leur assurance et leur force, leur vie et leur fécondité.

» Fidèle à l'esprit comme à la lettre de notre devise, je viens vous proposer d'acclamer un nom glorieux et aimé, le nom du Pontife vénéré dont Dieu a fait l'interprète et le gardien de ses infaillibles enseignements, le nom du Chef de l'Église catholique, le nom de Pie IX.

» C'est un devoir de reconnaissance d'ailleurs que d'acclamer le nom de Pie IX : non pas seulement parce que nous sommes ses enfants et qu'il est toujours bon dans des réunions de famille que le cœur des fils se tourne vers leur père, mais encore parce que nous avons la prétention de faire de la science, de la science vraie et saine, et qu'il ne nous plaît pas d'oublier ce que la science doit à l'Église catholique.

» Nous sommes fiers, et à bon droit, des splendeurs que la science jette aujourd'hui dans le monde; nous sommes fiers de ses grandes découvertes, de ses récents progrès, de ses magnifiques développements. Mais il nous souvient qu'en des temps déjà lointains, la science a passé par des crises terribles et douloureuses, que c'est l'Église catholique qui l'a sauvée et qui l'a conservée au monde.

» Quand le flot de la barbarie s'est rué sur le monde romain, c'est l'Église qui a relevé sur les ruines du passé la science meurtrie et mourante; c'est elle qui l'a recueillie dans un pan de son manteau et qui lui a donné la généreuse hospitalité de ses cloîtres et de ses monastères. C'est l'Église qui, dans des temps d'ignorance, à côté des temples splendides qu'elle élevait au vrai Dieu, a fondé des écoles fameuses, monuments non moins glorieux de sa sollicitude pour les sciences et pour les lettres.

Voilà ce que l'Église a fait pour la science, et, encore une fois, il ne nous plaît pas de l'oublier. Nous sommes les champions de la science : non pas de la science révoltée, fille ingrate et dénaturée qui méconnaît sa mère, mais de la science soumise qui trouve dans sa soumission ses meilleures joies et ses plus durables gloires.

» Je bois donc, Messieurs, au Chef glorieux et aimé de l'Église catholique, au Souverain Pontife, à Pie IX.

» Messieurs,

» Je bois au Roi, protecteur et promoteur de la science. Lorsque vous avez conçu le projet de grouper en un faisceau les hommes d'étude qui croient encore, qui croient toujours à l'alliance indissoluble de la foi et de la raison, vous avez pensé que la capitale de la Belgique pouvait revendiquer l'honneur d'offrir l'hospitalité à cette association internationale. C'est un phénomène étrange et douloureux que de nos jours, dans une grande partie de cette Europe civilisée par le christianisme, la doctrine catholique, c'est-à-dire la doctrine chrétienne pure et totale, soit suspecte, quand elle n'est pas persécutée. Il reste au moins un petit et fier pays, où peuvent s'assembler au grand jour et à portes ouvertes les savants qui, chaque matin, avant de reprendre leur route laborieuse et obscure, s'affermissent dans d'immortelles certitudes, en répétant, le front incliné devant la Majesté Souveraine : Je crois en Dieu le Père tout-puissant, créateur du Ciel et de la terre, et en Jésus-Christ, rédempteur des âmes et rédempteur du monde. Je crois à l'Esprit saint, source des pures lumières ; je crois en l'Église une, sainte, catholique et apostolique.

» Vous allez terminer ces pacifiques assises de quatre jours et les étrangers que vous avez conviés à ces fêtes de l'intelligence ont constaté avec joie que la science catholique pouvait en notre pays s'épanouir librement.

» Je bois au Roi, gardien de cette liberté de la science et de la foi qui leur permet de vivre en plein air et en plein soleil.

» La foi et la science ne craignent pas la lumière. Elles ne craignent que la force brutale, que celle-ci se déguise d'ailleurs sous le nom de commune, brûlant pêle-mêle dans un infernal feu de joie les monuments de la science et de la foi ; sous le nom de révolution, renversant des institutions séculaires pour leur substituer les mouvantes théories de la libre-pensée, ou sous le nom d'émeute, c'est-à-dire, de révolution à l'état naissant, faisant ses premières armes à coups d'insultes et à coup de pavé.

» La science et la foi ne craignent que la force brutale. Je me trompe, Messieurs, elles ne la craignent pas, elles la subissent et

la méprisent; car enfin la science et la religion s'incarnent dans des hommes, et ces hommes ne me pardonneraient pas de dire qu'ils ont peur, eux qui ont pris pour devise une vieille parole chrétienne, rajeunie par un poëte moderne dans un vers sublime : Je crains Dieu... et n'ai point d'autre crainte.

» Messieurs, je bois à la santé du Roi, promoteur de la science. Il y a deux ans, Léopold II dotait avec une magnificence royale les sciences et les lettres, ces filles de grande maison que tant de gouvernements abandonnent à leur glorieuse indigence.

» Cette année, Messieurs, vous le savez, prenant une initiative généreuse et hardie, il a réuni des savants de tous les pays pour l'aider à poser les premiers éléments d'un grand problème : ouvrir à la religion et à la civilisation européenne les chemins de l'Afrique centrale.

» La Belgique a vu avec fierté ce savant aréopage décerner la présidence de l'œuvre à son Souverain bien-aimé, comme un hommage rendu à une grande et noble pensée, et à des connaissances spéciales qui, jusqu'ici, n'avaient peut-être pas l'habitude de s'abriter sous la couronne des rois.

» Puisse la Providence bénir cette grande entreprise ; puisse l'histoire écrire un jour : Au XIXe siècle, d'intrépides messagers de la civilisation ont pénétré dans les profondeurs de l'Afrique. C'étaient des efforts glorieux, mais insuffisants, parce qu'ils étaient isolés. Un prince s'est rencontré qui a su appliquer à cette vaste entreprise le grand levier des entreprises modernes, l'association ; il s'est entouré de savants, il a demandé à ses fidèles sujets de joindre à sa royale aumône, pour ces pauvres peuples, leur modeste aumône. Partout on a répondu à son appel. Il est parvenu ainsi à organiser cette pacifique croisade qui a conquis à la civilisation des peuples plongés dans la barbarie, ouvert au commerce et à l'industrie des contrées d'une richesse incomparable et surtout, par-dessus tout, conquis des millions d'âmes à Jésus-Christ.

» Encore une fois, Messieurs, je bois au Pape, je bois au Roi. »

VIII.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE DU JEUDI 26 OCTOBRE 1876.

Le succès de la grande œuvre confiée à un membre illustre de notre section des mathématiques, le général John Newton, vient de nous être annoncé par les journaux américains. Le P. Renard entreprend de résumer l'ensemble des travaux exécutés à Hell-Gate, en insistant spécialement sur les phénomènes qui suivirent l'explosion des rochers d'Hallet's-Point, et qui présentent un certain intérêt au point de vue géologique. Cette description est illustrée par des cartes qui permettent de suivre les détails géographiques, et par les coupes principales des travaux sous-marins.

L'île de Manhattan sur laquelle est bâtie la ville de New-York est entourée par l'Hudson, l'East River et la rivière de Harlem. Le chemin le plus direct pour aborder au port de New-York en venant du Nord ou d'Europe, serait de s'engager dans le bras de mer, connu sous le nom d'East River, qui sépare la ville de Long Island; mais les récifs à fleur d'eau y sont si nombreux qu'ils forment en certains endroits une barre infranchissable à la grande navigation. Les navires d'un fort tonnage étaient donc obligés de doubler la pointe sud de Long Island et de passer devant le promontoire de Sandy Hook. Ce détour augmentait leur trajet de près de 50 milles. C'est surtout vis-à-vis de Ward's Island, près de l'embouchure de la rivière de Harlem, que se rencontre le passage le plus dangereux qui porte le nom d'Hell-Gate. On a plusieurs fois essayé de le rendre praticable; mais tous les efforts tentés en vue de débarrasser le chenal étant restés infructueux, le général Newton fut, en 1869, préposé à l'entreprise.

Il s'attaqua d'abord au rocher de Hallet's-Point qui s'avance d'Astoria dans Hell-Gate. Ce récif, qui se prolonge sous les eaux, présente la forme d'une demi-ellipse dont le grand axe dans la direction de la côte mesure près de 300 mètres; le petit axe à 100 mètres environ. La roche qui le constitue est un gneiss

grenatifère dont les couches parallèles au grand axe sont orientées N. 52° E. La force du courant ne permettant pas de travailler à la surface, le général résolut d'attaquer ce récif par un système de chambres de mine sous-marines, imitant en ce point les opérations exécutées en 1870 par l'ingénieur Von Schmidt au Blossom Rock, qui bloquait l'entrée du port de San Francisco. Le général Newton se proposa de couper la pointe du rocher et de lui donner une paroi perpendiculaire. Pour faire disparaître ce promontoire à fleur d'eau, il établit sur la côte un batardeau pentagonal et fit creuser un large puits jusqu'à une profondeur de 10 mètres sous le niveau moyen des eaux; au fond l'on creusa des galeries spacieuses disposées en éventail et reliées par des tunnels transversaux; la longueur de ces galeries était d'environ 2,530 mètres; 172 colonnes de roche vive supportaient la voûte; l'aire occupée par les travaux dépassait deux hectares; 4,462 orifices de mines reçurent plus de 25,000 kilogrammes de substances fulminantes dans lesquelles dominait la nitro-glycérine.

Cette énorme quantité de matières explosibles devait réduire la roche en menus éclats et faciliter le déblai sous-marin, rendu d'ailleurs aisé par les vastes dimensions des tunnels, d'où l'on avait pu extraire d'immenses amas de matériaux.

Les cartouches étaient reliées entre elles par 30,000 mètres de fil télégraphique, et 40,000 mètres établissaient la communication avec les batteries électriques, placées dans une casemate à 700 mètres de la mine. Pour amortir le choc de l'explosion, les galeries furent inondées, après l'achèvement des travaux, à l'aide d'un siphon qui fonctionna pendant trente heures; cette grande excavation fut remplie de 47,461 mètres cubes d'eau. Cette application de l'eau comme paroi brisante avait été déjà faite par Von Schmidt dans les travaux de San Francisco, dont nous avons parlé plus haut. Après avoir vaincu les difficultés de tout genre qui s'opposaient à cette périlleuse entreprise, le général Newton était arrivé au moment où son pays tout entier, les yeux tournés vers lui, attendait de son talent le succès d'une œuvre considérée comme nationale.

Le général présida avec calme aux derniers préparatifs, pour dominer l'appréhension de la foule, prit toutes les mesures que réclamait la prudence, se porta garant, si l'on suivait ses prescriptions, que l'explosion n'amènerait aucun accident regrettable et prédit avec un coup d'œil remarquable tout ce qui devait se passer; nous verrons bientôt que ses prévisions se réalisèrent. On avait résolu de faire sauter Hallet's-Point à la première marée haute qui suivrait la submersion des travaux; ce fut le 24 septembre dernier. Au moment où près de 200,000 personnes étaient réunies pour assister au spectacle qui devait glorieusement terminer les travaux que le général avait dirigés pendant six années, sa petite fille toucha un manipulateur de Morse : la commotion électrique parcourut le fil et en quelques secondes la scène était terminée. On vit d'abord les pilotis du batardeau disparaître sous les vagues, des colonnes d'eau de 4 à 5 mètres s'élevèrent et s'avancèrent en grandissant vers le centre de l'éruption, pour y former un jet d'environ vingt mètres, entraînant des fragments de rochers. Ces eaux retombèrent aussitôt, le sol trembla et l'East River fut vivement agitée pendant quelques instants. L'explosion avait brisé 43,000 mètres cubes de roches, pesant ensemble près de 90,000 tonnes; elle avait déplacé en outre 47,461 mètres cubes d'eau qu'on avait introduits dans les chambres de mine, et 143,000 mètres cubes qui recouvraient la voûte.

Dès le lendemain on commença les sondages; il résulte de cette exploration qu'à l'endroit où s'avançait Hallet's-Point s'ouvre un canal de 6 mètres de profondeur. Après le dragage il atteindra 9 mètres et le passage des eaux étant doublé, la force du courant déjà moins impétueux s'affaiblira encore; une nouvelle voie, qui portera désormais le nom du célèbre ingénieur qui l'a créée, s'ouvrira pour la grande navigation. Le général Newton poursuit ses travaux sur les récifs voisins et compte enlever par les mêmes procédés les îlots et les rochers qui obstruent Hell-Gate.

Outre l'intérêt scientifique qui s'attache à l'œuvre que nous venons de décrire, les circonstances qui devaient accompagner l'explosion n'attiraient pas moins l'attention des géologues; on avait compté pouvoir y prendre sur le fait quelques phénomènes

importants relatifs aux tremblements de terre. L'explosion de ce cratère artificiel devait nécessairement être suivie d'une trépidation du sol que l'on appréhendait vivement à New-York, mais que les calculs du général avaient su réduire à des proportions qui ne présentèrent rien de redoutable. Le général Abbot fut chargé d'organiser les observations relatives à l'étude de la commotion du sol. De nombreux postes reliés à Hallet's-Point par des fils télégraphiques étaient occupés par des officiers munis d'appareils séismiques. Ces séismomètres, du genre de celui de Cacciatore, étaient d'une telle sensibilité, qu'ils accusaient par une ondulation de la surface du mercure la vibration produite à 100 mètres par le pas d'un cheval. Afin d'éviter toutes les causes perturbatrices, les trains de chemins de fer devaient, dans le voisinage des postes, interrompre leur course vers 3 heures, moment fixé pour l'explosion. Les résultats de ces observations ne nous sont encore qu'imparfaitement connus, car le travail du général Abbot où elles seront consignées n'a point paru. On sait toutefois que la commotion ne se fit sentir que sur une zone peu large, dont la direction coïncide avec celle de l'allure des couches de gneiss; elle traversa l'île de Ward et Long Island. Nous pouvons la comparer à une imitation en petit des tremblements de terre linéaires, qui se propagent suivant une direction déterminée, affectant une zone d'ébranlement peu large relativement à la longueur. Les tremblements de terre de l'Amérique du Sud fournissent presque toujours des exemples de ce genre de commotion. Cette zone étroite sur laquelle on observa, lors de l'explosion de Hell-Gate, les mouvements du sol, peut être considérée comme l'axe du pli auquel appartient Hallet's-Point. La propagation des ondes des tremblements de terre dépend en effet tout à la fois de la disposition des couches, et de la nature des roches qui constituent le sous-sol. Étant donné que les couches relevées qui forment Hallet's-Point et le lit d'East-River soient alignées parallèlement à la côte de New-York, on comprend facilement que les ondulations provoquées par l'explosion fussent déjà amorties au moment où elles arrivaient sur la rive opposée à Hallet's-Point, et que la partie de New-York située en face de la mine et séparée par un

bras de mer d'un kilomètre n'ait point ressenti de commotion. Les plissements qui se répètent probablement dans une direction parallèle à la rivière, la solution de continuité que doivent présenter les bancs, la structure de la roche auront éteint l'ébranlement; tandis que des observateurs placés sur le prolongement des mêmes bancs ont constaté la commotion à 20 milles d'Hallet's-Point. Les signaux d'artillerie et les communications électriques indiquant le moment précis de l'explosion, permettaient de mesurer exaetement la vitesse de la propagation des ondulations. Connaissant la quantité de matières explosives renfermées dans la mine, on avait déterminé par l'expérienee et le calcul que la commotion pouvait être ressentie à 85 kilomètres. Le général Abbot, désireux d'obtenir des résultats positifs, avait posté les observateurs à des distances ne dépassant guère 20 kilomètres. Toutes ses stations étaient établies sur Long Island. Voici les résultats obtenus aux quatre points principaux :

STATIONS.	DISTANCE d'Hallet's-Point.	TEMPS du parcours de la secousse.	VITESSE de l'ondulation par seconde.
Fresh Pond Junction	8,2 kilom.	63,0 secondes.	1180 mètres.
Jamaica	15,0 »	23,5 »	1378 »
Willet's-Point	13,4 »	72,3 »	2530 »
Springfield-Junction	20,5 »	19,0 »	1618 »

M. Ch. Lagasse, ingénieur des ponts et chaussées, qui, sur l'invitation du général Newton, a assisté de fort près à l'explosion, ajoute quelques détails, parmi lesquels nous relevons celui-ci :

« Le général Newton était si certain que le résultat serait favorable, et qu'aucun malheur ne se produirait, que lui-même se trouvait avec Madame Newton et sa fille dans un petit pavillon blanc, très-voisin des travaux. Mais ses compatriotes et leurs journaux étaient loin d'être aussi tranquilles... Grâce à l'introduction de l'eau dans les galeries, l'explosion fut si peu formidable, que les spectateurs, tout en se félicitant hautement du succès, se retirèrent presque désappointés. »

M. Marlin lit une étude sur l'*Industrie américaine,* que l'on trouvera plus loin dans la seconde partie.

M. Lefebvre, *président.* — Je désire présenter à la Société, en conséquence d'une résolution qu'elle a prise avant-hier, les propositions pratiques formulées par MM. le Cte Fr. van der Straten-Ponthoz et t'Serstevens relativement à la création d'écoles agricoles. Vous avez tous compris que des vœux, quelque bien formulés qu'ils soient, ne sont en définitive que de bonnes intentions. Or, le monde est plein de bonnes intentions qui ne se réalisent jamais. Nous avons voulu faire ici de la science à deux points de vue. Quelques-uns d'entre vous nous ont montré les splendeurs théoriques de la science; d'autres vous ont exposé les glorieuses applications qu'on en fait dans la pratique. Assurément l'une des applications les plus utiles, application qui suffirait à honorer cette session de la Société scientifique et à lui valoir la reconnaissance de l'avenir, serait une formule pratique pour la création d'écoles agricoles. Dans la proposition telle qu'elle est formulée — et nous avons le vif regret qu'aucun de ses deux auteurs n'ait pu assister à la séance de ce jour pour la développer, — il est question de la création d'écoles libres d'agriculture et surtout de petites écoles disséminées, quelque chose comme des écoles primaires agricoles. Mais il s'agirait également de créer un centre scientifique, c'est-à-dire une école supérieure d'agriculture... Si personne ne demande la parole, je la prendrai pour vous présenter plusieurs observations sur cette question. Quelque part qu'on fonde cet institut supérieur d'agriculture, une question préalable se posera nécessairement, comme dans toutes les affaires de ce monde, une question d'argent. Eh bien, Messieurs, je crois que nous serons longtemps arrêtés par cette difficulté, à moins que par un effort généreux, nous ne la résolvions d'emblée. Je suis convaincu — après avoir étudié un peu la question — que si la difficulté financière était levée, on pourrait ouvrir un institut supérieur d'agriculture non pas dans deux ans, mais dans six mois peut-être. Je pense que si l'on pouvait utiliser les éléments existants déjà à Louvain, une dotation

annuelle de douze mille francs permettrait de réaliser en grande partie les vœux de cette assemblée. Pour arriver à une solution pratique, je propose à la Société de désigner un comité de cinq membres, qui prendrait la question, non-seulement par ce petit côté, celui de l'argent (ai-je raison de dire petit, hélas!), mais à tous les points de vue. Y a-t-il moyen de rassembler l'argent? Où établira-t-on cette institution? Comment l'organisera-t-on?

La proposition de MM. le Cte Fr. van der Straten-Ponthoz et t'Serstevens est formulée dans les termes suivants :

« L'Assemblée générale de la Société scientifique, proclamant la puissance et la haute utilité de la science agricole, charge le Bureau de faire les démarches nécessaires pour obtenir la création d'écoles libres d'agriculture. »

L'Assemblée adhère à la proposition de son Président, et charge le Bureau de nommer les cinq membres du Comité.

L'un des secrétaires de la section des sciences mathématiques annonce que cette section s'est occupée de nouveau de la question relative à l'enseignement des mathématiques. Elle a adopté plusieurs résolutions à cet égard et propose à l'Assemblée de formuler la déclaration suivante :

La Société scientifique juge qu'il serait opportun :

1° De développer l'enseignement normal des mathématiques;

2° De créer un conseil de perfectionnement de l'enseignement moyen.

Cette proposition est adoptée.

M. le docteur Mœller lit une étude sur la calorification animale au point de vue de la physiologie et de la pathologie. (Voir 2me partie, page 219.)

M. A. Proost lit un travail sur *le rôle des ferments dans les phénomènes vitaux.* (Voir 2me partie, page 207.)

M. Lefebvre, *président.* — « Messieurs, je ne vous retiens plus que quelques instants. Vous savez que dans notre ordre du jour,

j'étais inscrit pour une communication; mais elle est fort longue et l'heure est très-avancée. Il est dans les devoirs, dans le droit et dans les priviléges du Président, de se taire quand la Société ne manque pas de communications intéressantes. »

M. le Président proclame les noms des membres élus pour former le Bureau et le Conseil pendant la seconde année (voir plus haut, page 38) et continue ainsi :

« Le Bureau me charge de vous informer qu'il a désigné comme membres de la Commission que vous l'avez chargé tout à l'heure de nommer pour la question de l'enseignement agricole:

S. A. le P^ce^ Emmanuel de Croy, qui a bien voulu accepter cette mission, MM. le Cte Fr. van der Straten-Ponthoz, t'Serstevens, Fr. Dewalque et le Dr Lefebvre. »

« Un mot encore: on ne finit pas une longue session sans avoir des actions de grâces à rendre. Je remercie avant tout Dieu. Dans une assemblée de catholiques je remercie l'auteur de tout bien qui a béni d'une manière exceptionnelle cette association fondée pour sa gloire. Je remercie les illustres étrangers qui ont bien voulu nous apporter le concours de leur science, de leurs recherches, et je me permettrai de nommer en particulier M. de Lapparent et le R. P. Perry. Je remercie tous nos compatriotes; mais ce sont des enfants de la maison, ils ont rempli un devoir qui incombe aux fils de la famille et ils ne souffriraient pas que je les remerciasse davantage. Je remercie notre nouveau Bureau. Je remercie en particulier le futur président d'avoir bien voulu accepter cette charge. Il m'a dit hier dans un banquet des choses extrêmement aimables. D'abord l'entraînement permet beaucoup de choses; ensuite il a eu soin de constater lui-même que nous ne sommes pas une société de flatterie mutuelle. Elle ne sera pas mutuelle si je m'en abstiens; elle sera unilatérale. Je suis persuadé que sa présidence le louera mieux que tous les diseours. »

« Je remercie la Société d'Émulation qui nous a ouvert avec une magnificence vraiment royale ses nouveaux salons. »

« Je remercie le Cercle catholique qui nous a offert hier une hospitalité si cordiale, son souvenir restera mêlé à celui des quelques heures agréables que nous avons passées ensemble dans une séance moins solennelle que celle-ci. »

« Je ne dois pas oublier surtout de remercier Mgr le prince Eugène de Caraman-Chimay de la gracieuseté qu'il nous a faite. Hier, il disait, de lui-même, en voyant cette nombreuse assistance : Cette salle deviendra trop petite; et après un moment, il ajoutait avec un phlegme anglais qui me rappelait celui du R. P. Perry : Eh bien, nous l'agrandirons. »

« Le prince n'est pas ici. Je puis m'étendre un peu plus sur ses mérites que sur les vôtres. J'ajouterai donc qu'il fait le bien en partie double. Lundi, à l'heure même où il ouvrait à la Société scientifique la maison de ses pères, il présidait à Louvain une des grandes associations issues de la charité catholique ([1]). En entrant dans ces salons, les nouveaux venus ont dû se dire : Voilà une hospitalité vraiment princière. Il n'y manque que le prince lui-même. » (*Applaudissements.*)

M. Ph. Gilbert, le nouveau Président, termine la séance par les paroles suivantes :

Messieurs,

« J'ai été surpris, non par l'annonce d'une candidature que je ne pouvais ignorer, mais par son succès; et j'ai dû jeter à la hâte quelques lignes sur le papier, pour vous exprimer à la fois mes remercîments et mes craintes.

» J'apprécie profondément, croyez-le bien, l'honneur que vous me faites en m'appelant à présider vos belles réunions; mais je sens bien profondément aussi le poids d'un tel honneur, et je le sens surtout aujourd'hui, en prenant la place de l'homme éminent qui réunit à un si rare degré toutes les qualités qu'exige cette haute position. L'un de ceux qui m'ont imposé ce fardeau glorieux peut vous le dire : j'eusse préféré voir appeler à cet honneur, soit l'un des hommes qui représentent plus dignement que moi la science au milieu de vous, et il n'en manque pas,

---

([1]) La Fédération des Sociétés ouvrières catholiques.

soit l'un de ceux qui, sans faire des recherches scientifiques l'objet habituel de leur pensée, aiment à protéger et à honorer la culture des sciences, comprennent votre œuvre, désirent son succès.

» Enfin, vous l'avez voulu : permettez-moi de vous dire quel engagement vous avez pris par là.

» Sur un navire récemment construit, au milieu d'une mer agitée, plus le capitaine est faible, inexpérimenté, plus l'équipage doit redoubler de zèle, de bonne volonté, d'intelligente activité. Vous en êtes là, Messieurs.

» La pensée à laquelle la Société scientifique de Bruxelles doit son origine n'a rien perdu de son opportunité; plus que jamais le domaine scientifique menace de devenir le théâtre d'une lutte entre ceux qui croient et ceux qui ne croient pas; entre ceux qui veulent, au nom du progrès de la science, arracher à l'humanité tout ce qui fait sa véritable force, et ceux qui refusent d'admettre que la matière est tout. Cette impression si vive que produisent sur la foule les découvertes merveilleuses de la science et ses applications plus étonnantes encore, la confusion entre des résultats incontestablement acquis et des théories mouvantes, hasardées, qu'on y rattache audacieusement, voilà ce qu'exploitent contre nos croyances, tous les jours, dans toutes les publications, des hommes dont l'ignorance n'a d'égale que leur hardiesse. Ils ne se contentent pas de tirer des progrès de la science des arguments contre notre foi et des attaques contre l'Église; ils se parent avec orgueil des noms distingués que leur offre la science incrédule, et montrant les catholiques avec mépris, ils disent : « Voyez, ils ne travaillent pas, ils n'ont point d'hommes illustres; les ténèbres sont leur partage. » Et la masse finit par les croire ! Messieurs, il faut arracher cette arme aux mains de l'impiété menteuse : il faut lui prouver par des raisons et par l'évidence des faits qu'elle trompe sciemment; il faut nous montrer plus forts que nos adversaires sur ce terrain de la science où ils nous défient de descendre, et ne nous laisser décourager ni par leur obstination ni par leur ignorance; car il ne s'agit pas d'eux, il s'agit des âmes droites qu'ils abusent !

» Ne craignons donc pas de pâlir sur la poudre des bibliothèques pour démasquer les sophismes et les mensonges de la fausse science : mais à côté de cette réfutation directe dont nos volumes offriront de nobles exemples et à laquelle la *Revue des questions scientifiques* me paraît spécialement adaptée, il en est une autre, plus lumineuse peut-être aux yeux de ceux que troublent les triomphes apparents de la science incrédule. Il faut leur montrer que, parmi les hommes dont le monde savant a consacré la gloire et dont l'indiscutable supériorité force l'admiration des plus hostiles, il en est un grand nombre qui courbent encore une tête soumise sous les enseignements de l'Église catholique, et qui sont trop heureux de déposer aux pieds de cette Mère les couronnes recueillies dans les combats de la science. Or, cette démonstration, j'espère que la Société scientifique est appelée à la faire et j'ose dire qu'elle l'a déjà considérablement avancée.

» Nous demandons donc à chacun de vous qu'ayant accepté d'entreprendre cette démonstration, il tienne pour un devoir de conscience de la pousser jusqu'au bout.

» A ceux qui, comme l'hôte éminent dont les salons nous ont offert une gracieuse hospitalité, et qui vient de se révéler une fois de plus au pays comme un orateur si distingué, comprennent l'importance sociale et religieuse de la pensée qui nous réunit, nous demandons d'appeler à nous leurs amis, de les intéresser à notre œuvre et à nos travaux, de continuer à exercer sur la science ce patronage libéral et intelligent qui honore la vieille aristocratie de l'Angleterre.

» Nous demandons à ceux qui cultivent la science pure et ses applications d'apporter laborieusement leur pierre, si petite et si humble qu'ils la jugent, à l'édifice que nous voulons élever pour l'honneur de l'Église; de chercher autour d'eux, parmi leurs amis, des collaborateurs nouveaux et dévoués.

» Nous rappelons aux hommes éminents de la science qui partagent nos convictions, que leur place est au milieu de nous et à notre tête, et qu'ils n'ont peut-être pas le droit de refuser à la défense de leurs croyances attaquées le concours de leur talent et le prestige de leur nom glorieux.

» A tous enfin, nous demandons le zèle, le travail, le dévouement à l'œuvre commune, et nous leur disons pour tout résumer en un mot : « Si vous êtes catholiques, il faut savoir prouver que vous êtes savants; — si vous êtes savants, il faut oser montrer que vous êtes catholiques. » (*Longs applaudissements.*)

FIN DE LA PREMIÈRE PARTIE.

SECONDE PARTIE.

MÉMOIRES.

SUR UN EXEMPLE DE RÉDUCTION D'INTÉGRALES ABÉLIENNES, AUX FONCTIONS ELLIPTIQUES;

PAR

M. HERMITE,

Membre de l'Institut de France.

Dans une note du tome VIII du *Journal de Crelle,* page 416, Jacobi, en généralisant un résultat obtenu par Legendre, a montré que les deux intégrales abéliennes de première espèce : $\int \frac{dz}{\sqrt{R(z)}}$ et $\int \frac{z\,dz}{\sqrt{R(z)}}$, où l'on suppose :

$$R(z) = z(1-z)(1-abz)(1+az)(1+bz)$$

peuvent être ramenées, aux intégrales elliptiques, par la même substitution :

$$\sqrt{z} = \frac{k' + l'}{\sqrt{1-k^2\sin^2\varphi} + \sqrt{1-l^2\sin^2\varphi}}$$

dont on déduit les relations :

$$\int_0^z \frac{dz}{\sqrt{R(z)}} = \frac{1}{2}(k' + l')\left[F(k, \varphi) + F(l, \varphi)\right]$$

$$\int_0^z \frac{zdz}{\sqrt{R(z)}} = \frac{(k' + l')^2}{2(l' - k')}\left[F(k, \varphi) - F(l, \varphi)\right]$$

Les valeurs des modules k, l, et de leurs compléments k', l' sont données par les formules suivantes, où je pose pour abréger : $c = \sqrt{(1+a)(1+b)}$, à savoir :

$$k = \frac{\sqrt{a} + \sqrt{b}}{c}, \qquad l = \frac{\sqrt{a} - \sqrt{b}}{c},$$

$$k' = \frac{1 - \sqrt{ab}}{c}, \qquad l' = \frac{1 + \sqrt{ab}}{c}.$$

De ce résultat, extrêmement remarquable, ne semble avoir été tiré jusqu'ici d'autre conclusion que celle indiquée par Jacobi lui-même, et qui consiste à obtenir la partie réelle et le coefficient de i, dans l'intégrale $\int_0^\varphi \frac{d\varphi}{\sqrt{1-(e+if)\sin^2\varphi}}$. Si l'on représente cette quantité par : $A + iB$, l'illustre géomètre en conclut en effet les expressions :

$$A = g\int_0^z \frac{dz}{\sqrt{R(z)}}, \qquad B = h\int_0^z \frac{zdz}{\sqrt{R(z)}},$$

en prenant pour les paramètres a et b qui figurent dans $R(z)$ les valeurs :

$$a = \frac{\sqrt{(1-e)^2 + f^2} + e - 1}{\sqrt{e^2 + f^2} - e}, \qquad b = \frac{\sqrt{(1-e)^2 + f^2} + e - 1}{\sqrt{e^2 + f^2} + e}$$

et pour les facteurs g et h, celles-ci :

$$g = \left[\sqrt{(1-e)^2 + f^2} - e + 1\right]^{-\frac{1}{2}}, \quad h = \frac{\left[\sqrt{(1-e)^2 + f^2} + e - 1\right]^{\frac{1}{2}}}{\sqrt{(1-e)^2 + f^2} - e + 1}.$$

Je me propose de faire voir qu'il a une portée beaucoup plus étendue, et qu'il ouvre une voie nouvelle, même après les belles découvertes de Clebsch, dans la recherche difficile des intégrales de différentielles algébriques, qui peuvent se réduire aux fonctions elliptiques. Il offre, en effet, le premier exemple, et le seul connu jusqu'ici, de la réduction d'un type d'intégrales qui contient essentiellement deux fonctions de première espèce, obtenue en introduisant deux intégrales elliptiques de modules différents. J'ai rencontré récemment dans une recherche, où je ne présumais point devoir le trouver, un second exemple qui a appelé mon attention sur les formules de Jacobi, et que je vais indiquer succinctement.

Soit :

$$\mathrm{R}(z) = (z^2 - a)(8z^3 - 6az - b)$$

on aura en premier lieu :

$$\int \frac{dz}{\sqrt{\mathrm{R}(z)}} = \frac{1}{3}\int \frac{dx}{\sqrt{(2ax - b)(x^2 - a)}}$$

en prenant :

$$x = \frac{4z^3 - 3az}{a},$$

et si l'on pose ensuite :

$$y = \frac{2z^3 - b}{3(z^2 - a)}$$

on obtiendra la relation :

$$\int \frac{z\,dz}{\sqrt{\mathrm{R}(z)}} = \frac{1}{2\sqrt{3}}\int \frac{dy}{\sqrt{y^3 - 3ay - b}}.$$

On est ainsi par induction conduit à croire qu'il existe pour les irrationnelles algébriques, dont le nombre caractéristique ordinairement désigné par p, est supérieur à l'unité, des cas de réduction de leurs intégrales aux fonctions elliptiques, dans lesquels

les p fonctions de première espèce seraient exprimées par autant d'intégrales elliptiques différentes, au moyen de p substitutions. Sans insister sur l'intérêt et la difficulté des recherches qui se présentent afin d'essayer de confirmer cette induction, je me propose, dans cette note, d'achever, si je puis dire, la réduction aux fonctions elliptiques des intégrales abéliennes considérées par Jacobi, et d'arriver par là à une sorte de jonction entre la théorie des sinus d'amplitude et celles des fonctions de Göpel et de M. Rosenhaim, où le rapprochement des formules et des relations qui les concernent pourra donner, ce me semble, des observations utiles.

I

En posant pour abréger $x = \sin^2\varphi$, je reprends la substitution de Jacobi sous cette autre forme, donnée aussi par le grand géomètre :

$$x = \frac{c^2 z}{(1 + az)(1 + bz)}$$

et d'où l'on tire facilement :

$$1 - x = \frac{(1 - z)(1 - abz)}{(1 + az)(1 + bz)}$$

$$1 - k^2 x = \frac{(1 - \sqrt{ab}\, z)^2}{(1 + az)(1 + bz)}$$

et par suite :

$$\text{(A)} \qquad \Delta(x, k) = \sqrt{R(z)}\, \frac{c(1 - \sqrt{ab}\, z)}{(1 + az)^2 (1 + bz)^2},$$

si l'on écrit pour abréger :

$$\Delta(x, k) = \sqrt{x(1-x)(1-k^2x)}.$$

Cette relation conduit comme conséquence, en y changeant le signe du radical $\sqrt{ab}$, à la suivante :

$$\text{(B)} \qquad \Delta(x, l) = \sqrt{R(z)}\,\frac{c(1+\sqrt{ab}\,z)}{(1+az)^2(1+bz)^2}$$

où le nouveau module l est déterminé par la condition :

$$l = \frac{\sqrt{a}-\sqrt{b}}{c}.$$

Or ayant :

$$\frac{dx}{dz} = \frac{c^2(1-abz^2)}{(1+az)^2(1+bz)^2},$$

on en tire sur-le-champ les deux égalités :

$$\frac{dx}{\Delta(x, k)} = \frac{c(1+\sqrt{ab}\,z)\,dz}{\sqrt{R(z)}}$$

$$\frac{dx}{\Delta(x, l)} = \frac{c(1-\sqrt{ab}\,z)\,dz}{\sqrt{R(z)}}.$$

Je me propose maintenant d'en poursuivre les conséquences, et, conformément à la nature des intégrales abéliennes de première classe, je chercherai à réduire aux fonctions elliptiques, la somme des deux intégrales semblables :

$$\int \frac{f(X)\,dX}{\sqrt{R(X)}} + \int \frac{f(Y)\,dY}{\sqrt{R(Y)}}$$

en prenant pour X et Y des fonctions algébriques de deux variables indépendantes x et y, et pour $f(X)$ et $f(Y)$ les mêmes fonctions rationnelles de X et Y. On y parvient en considérant l'équation :

$$F^2(z) - R(z) = 0$$

où $F(z)$ est un polynôme de troisième degré en z, déterminé de telle manière qu'elle admette comme facteur, d'une part le polynôme du second degré :

$$\Phi(z) = x(1 + az)(1 + bz) - c^2 z,$$

avec la condition (A) :

$$\sqrt{R(z)} = \Delta(x, k) \frac{(1 + az)^2 (1 + bz)^2}{c(1 - \sqrt{ab}\, z)}.$$

et en second lieu, le facteur semblable :

$$\Phi_1(z) = y(1 + az)(1 + bz) - c^2 z,$$

et avec la condition (B) :

$$\sqrt{R(z)} = \Delta(y, l) \frac{(1 + az)^2 (1 + bz)^2}{c(1 + \sqrt{ab}\, z)}.$$

Nous allons voir, en effet, que les quantités X et Y seront les racines de l'équation du second degré en z, représentée par le quotient entier :

$$\frac{F^2(z) - R(z)}{\Phi(z)\, \Phi_1(z)} = 0.$$

II

Je ferai usage, à cet effet, du théorème d'Abel, en supposant la fonction rationnelle $f(x)$ réduite simplement à $\frac{1}{x-g}$, où g est une constante indéterminée, et j'en déduirai la relation suivante. Soient : $z = x_0$, $z = x_1$, les racines de l'équation :

$$x(1 + az)(1 + bz) - c^2 z = 0\ ;$$

puis : $z = y_0$, $z = y_1$, celles de l'équation semblable :

$$y(1 + az)(1 + bz) - c^2 z = 0,$$

on aura comme on sait :

$$\frac{1}{\sqrt{R(g)}} \log \frac{F(g) + \sqrt{R(g)}}{F(g) - \sqrt{R(g)}} = \int \frac{dx_0}{(x_0 - g)\sqrt{R(x_0)}} + \int \frac{dx_1}{(x_1 - g)\sqrt{R(x_1)}}$$
$$+ \int \frac{dy_0}{(y_0 - g)\sqrt{R(y_0)}} + \int \frac{dy_1}{(y_1 - g)\sqrt{R(y_1)}}$$
$$+ \int \frac{dX}{(X - g)\sqrt{R(X)}} + \int \frac{dY}{(Y - g)\sqrt{R(Y)}}.$$

Maintenant on va voir que les deux sommes d'intégrales :

$$\int \frac{dx_0}{(x_0 - g)\sqrt{R(x_0)}} + \int \frac{dx_1}{(x_1 - g)\sqrt{R(x_1)}}$$

et

$$\int \frac{dy_0}{(y_0 - g)\sqrt{R(y_0)}} + \int \frac{dy_1}{(y_1 - g)\sqrt{R(y_1)}}$$

se réduisent aux fonctions elliptiques.

Considérons, en effet, la première qui se rapporte aux racines de l'équation :

$$\Phi(z) = x(1 + az)(1 + bz) - c^2 z = 0.$$

et où l'on se rappelle qu'il faut prendre pour chacune de ces racines :

$$\sqrt{\mathrm{R}(z)} = \Delta(x, k) \frac{(1 + az)^2 (1 + bz)^2}{c(1 - \sqrt{ab}\, z)}.$$

Je transformerai d'abord comme il suit cette relation. Après l'avoir mise sous la forme :

$$\sqrt{\mathrm{R}(z)}\, c(1 - \sqrt{ab}\, z)^2 = \Delta(x, k)(1 + az)^2 (1 + bz)^2 (1 - \sqrt{ab}\, z),$$

je multiplie membre à membre avec la suivante :

$$1 - k^2 x = \frac{(1 - \sqrt{ab}\, z)^2}{(1 + az)(1 + bz)},$$

ce qui donne en simplifiant :

$$\sqrt{\mathrm{R}(z)}\, c(1 - k^2 x) = \Delta(x, k)(1 + az)(1 + bz)(1 - \sqrt{ab}\, z).$$

On introduit ainsi, dans le second membre, la quantité :

$$\frac{d\Phi}{dx} = (1 + az)(1 + bz),$$

ce qui permet d'écrire :

$$\sqrt{\mathrm{R}(z)}\, c(1 - k^2 x) = \Delta(x, k)(1 - \sqrt{ab}\, z)\frac{d\Phi}{dx}.$$

Or il vient en différentiant l'équation $\Phi(z) = 0$:

$$\frac{d\Phi}{dz} dz = -\frac{d\Phi}{dx} dx,$$

et l'on en conclut facilement, en divisant membre à membre :

$$\frac{dz}{\sqrt{\mathrm{R}(z)}} = \frac{c(1-k^2x)\,dx}{(\sqrt{ab}\,z-1)\,\Phi'(z)\,\Delta(x,k)}$$

puis :

$$\frac{dz}{(z-g)\sqrt{\mathrm{R}(z)}} = \frac{c(1-k^2x)\,dx}{(\sqrt{ab}\,z-1)(z-g)\,\Phi'(z)\,\Delta(x,k)}.$$

Supposant maintenant $z = x_0$, puis $z = x_1$ et ajoutant membre à membre, on est conduit à calculer la fonction symétrique :

$$\frac{1}{(\sqrt{ab}\,x_0-1)(x_0-g)\,\Phi'(x_0)} + \frac{1}{(\sqrt{ab}\,x_1-1)(x_1-g)\,\Phi'(x_1)}$$

des racines de l'équation $\Phi(z) = 0$, qu'il est aisé d'obtenir. Écrivons en effet :

$$\frac{1}{(\sqrt{ab}\,z-1)(z-g)} = \frac{1}{(\sqrt{ab}\,g-1)}\left[\frac{1}{z-g} - \frac{\sqrt{ab}}{\sqrt{ab}\,z-1}\right]$$

et la valeur cherchée résultera de la formule élémentaire :

$$\frac{1}{\Phi(x)} = \frac{1}{(x-x_0)\,\Phi'(x_0)} + \frac{1}{(x-x_1)\,\Phi'(x_1)},$$

en faisant successivement $x = g$ et $x = \frac{1}{\sqrt{ab}}$. Ce calcul, fort simple, conduit à joindre à la constante g, une autre h, qui en dépend par la relation :

$$h = \frac{c^2 g}{(1+ag)(1+bg)},$$

de sorte qu'on a :

$$\sqrt{\mathrm{R}(g)} = \Delta(h,k)\,\frac{(1+ag)^2(1+bg)^2}{c(1-\sqrt{ab}\,g)}.$$

De cette manière on obtient :

$$\frac{dx_0}{(x_0-g)\sqrt{R(x_0)}}+\frac{dx_1}{(x_1-g)\sqrt{R(x_1)}}=-\frac{a+b+\sqrt{ab}+abg}{c(1+ag)(1+bg)}\frac{dx}{\Delta(x,k)}$$
$$+\frac{\Delta(h,k)}{\sqrt{R(g)}}\frac{1}{(x-h)}\frac{dx}{\Delta(x,k)}$$

et par conséquent :

$$\int\frac{dx_0}{(x_0-g)\sqrt{R(x_0)}}+\int\frac{dx_1}{(x_1-g)\sqrt{R(x_1)}}=-\frac{a+b+\sqrt{ab}+abg}{c(1+ag)(1+bg)}\int\frac{dx}{\Delta(x,k)}$$
$$+\frac{\Delta(h,k)}{\sqrt{R(g)}}\int\frac{dx}{(x-h)\Delta(x,k)}.$$

Enfin si l'on met la variable y au lieu de x, et qu'on change le signe du radical $\sqrt{ab}$, on aura la réduction aux fonctions elliptiques de la seconde somme d'intégrales, à savoir :

$$\int\frac{dy_0}{(y_0-g)\sqrt{R(y_0)}}+\int\frac{dy_1}{(y_1-g)\sqrt{R(y_1)}}=-\frac{a+b-\sqrt{ab}+abg}{c(1+ag)(1+bg)}\int\frac{dy}{\Delta(y,l)}$$
$$+\frac{\Delta(h,l)}{\sqrt{R(g)}}\int\frac{dy}{(y-h)\Delta(y,l)}.$$

Les quantités X et Y qui ont été obtenues par l'emploi du théorème d'Abel, ont donc le rôle que nous avons annoncé, et le résultat auquel nous venons de parvenir s'accorde bien avec la nature logarithmique des intégrales abéliennes de troisième espèce, car en multipliant par le facteur $\sqrt{R(g)}$, on obtient cette formule :

$$\int\frac{\sqrt{R(g)}\,dX}{(X-g)\sqrt{R(X)}}+\int\frac{\sqrt{R(g)}\,dY}{(Y-g)\sqrt{R(Y)}}=\log\frac{F(g)+\sqrt{R(g)}}{F(g)-\sqrt{R(g)}}$$
$$+A\int\frac{dx}{\Delta(x,k)}+B\int\frac{dy}{\Delta(y,l)}$$
$$-\int\frac{\Delta(h,k)\,dx}{(x-h)\Delta(x,k)}-\int\frac{\Delta(h,l)\,dy}{(y-h)\Delta(y,l)}$$

où les constantes A et B ont pour valeurs :

$$A = \frac{a + b + \sqrt{ab} + abg}{c(1 + ag)(1 + bg)} \sqrt{R(g)}$$

$$B = \frac{a + b - \sqrt{ab} + abg}{c(1 + ag)(1 + bg)} \sqrt{R(g)}.$$

Je ne chercherai pas ici à la rapprocher des expressions données par M. Weierstrass, et qui sont l'une des plus belles découvertes de l'illustre géomètre ; je me bornerai à remarquer qu'il est facile d'en conclure la réduction aux fonctions elliptiques des intégrales plus générales :

$$\int \frac{f(X)\,dX}{\sqrt{R(X)}} + \int \frac{f(Y)\,dY}{\sqrt{R(Y)}}.$$

Effectivement, toute fonction rationnelle $f(x)$ s'exprime liniairement d'une part au moyen des quantités $\frac{1}{x-g}$, de leurs dérivées par rapport à g et de l'autre par les puissances entières de la variable. Or on obtiendra ces dernières intégrales qui appartiennent à la catégorie des fonctions de première et de seconde espèce, en égalant dans les deux membres les coefficients de leurs développements suivant les puissances décroissantes de h. C'est le calcul que je vais faire afin de parvenir aux valeurs des fonctions inverses de nos intégrales abéliennes, exprimées par des fonctions algébriques de sinus d'amplitude.

III

Considérons d'abord le terme

$$\log \frac{F(g) + \sqrt{R(g)}}{F(g) - \sqrt{R(g)}},$$

que j'écrirai ainsi :

$$\log \left[1 + \frac{\sqrt{R(g)}}{F(g)} \right] - \log \left[1 - \frac{\sqrt{R(g)}}{F(g)} \right].$$

Nous avons dit précédemment que $F(g)$ est du 3me degré en g, et comme $R(g)$ est du cinquième, on voit qu'elle s'évanouit pour g infini. Passons ensuite aux intégrales

$$\int \frac{\Delta(h, k)\, dx}{(x - h)\, \Delta(x, k)}, \quad \int \frac{\Delta(h, l)\, dy}{(y - l)\, \Delta(y, l)};$$

la formule $h = \frac{c^2 g}{(1 + ag)(1 + bg)}$, donnant $h = \frac{c^2}{ab}$ pour g infini, fait voir que ces quantités sont dans cette supposition l'une et l'autre finies. De la relation proposée, résulte donc, après avoir divisé les deux membres par $\sqrt{R(g)}$, que les termes en $\frac{1}{g}$ et en $\frac{1}{g^2}$ sont les mêmes, dans les développements des quantités :

$$\int \frac{dX}{(X - g)\sqrt{R(X)}} + \int \frac{dY}{(Y - g)\sqrt{R(Y)}}$$

et :

$$\frac{a + b + \sqrt{ab}}{c(1 + ag)(1 + bg)} \int \frac{dx}{\Delta(x, k)} + \frac{a + b - \sqrt{ab}}{c(1 + ag)(1 + bg)} \int \frac{dy}{\Delta(y, l)}$$

suivant les puissances descendantes de y. On obtient ainsi les relations auxquelles nous voulions parvenir à savoir :

$$\int \frac{dX}{\sqrt{R(X)}} + \int \frac{dY}{\sqrt{R(Y)}} = -\frac{1}{c}\int \frac{dx}{\Delta(x, k)} - \frac{1}{c}\int \frac{dy}{\Delta(y, l)}$$

$$\int \frac{XdX}{\sqrt{R(X)}} + \int \frac{YdY}{\sqrt{R(Y)}} = -\frac{1}{c\sqrt{ab}}\int \frac{dx}{\Delta(x, k)} + \frac{1}{c\sqrt{ab}}\int \frac{dy}{\Delta(y, l)}.$$

Qu'on définisse donc les fonctions inverses de nos intégrales abéliennes, en posant les équations :

$$\int \frac{c(1+\sqrt{ab}\,X)\,dX}{2\sqrt{R(X)}} + \int \frac{c(1+\sqrt{ab}\,Y)\,dY}{2\sqrt{R(Y)}} = u$$

$$\int \frac{c(1-\sqrt{ab}\,X)\,dX}{2\sqrt{R(X)}} + \int \frac{c(1-\sqrt{ab}\,Y)\,dY}{2\sqrt{R(Y)}} = v.$$

On voit qu'on aura :

$$u = -\int \frac{dx}{\Delta(x, k)}, \quad v = -\int \frac{dy}{\Delta(y, l)}.$$

Par conséquent les quantités X et Y, fonctions algébriques de x et y, s'expriment en u et v par des fonctions algébriques de $\sin \operatorname{am}(u, k)$ et de $\sin \operatorname{am}(v, l)$.

Cette conclusion donne beaucoup d'intérêt au calcul des valeurs de X et Y, et je terminerai cette note en indiquant succinctement la marche que j'ai suivie pour l'effectuer.

Revenons, à cet effet, à l'équation

$$F^2(z) - R(z) = 0,$$

et à la détermination de $F(z)$ par les conditions posées au § I. Ce polynôme étant du 3me degré, je lui donnerai la forme suivante, où P, Q, R, S, sont quatre coefficients arbitraires :

$$F(z) = \frac{(1+az)(1+bz)}{c}\left[P\,ab\,z + P(a+b) + Q\right] + c\left[Rz + S\right].$$

Cela posé, ces coefficients devront être déterminés de manière à avoir :

$$F(z) = \sqrt{R(z)}$$

en prenant pour z, d'abord les racines de l'équation :

$$x(1 + az)(1 + bz) - c^2 z = 0,$$

avec la condition :

$$\sqrt{R(z)} = \Delta(x, k) \frac{(1 + az)^2 (1 + bz)^2}{c(1 - \sqrt{ab}\, z)}$$

qu'on transforme facilement ainsi :

$$\sqrt{R(z)} = \Delta(x, k) \frac{cz(1 - \sqrt{ab}\, z)}{x(1 - k^2 x)},$$

puis en second lieu, les racines de l'équation :

$$y(1 + az)(1 + bz) - c^2 z = 0$$

avec la condition correspondante :

$$\sqrt{R(z)} = \Delta(y, l) \frac{(1 + az)^2 (1 + bz)^2}{c(1 + \sqrt{ab}\, z)},$$

ou plutôt :

$$\sqrt{R(z)} = \Delta(y, l) \frac{cz(1 + \sqrt{ab}\, z)}{y(1 - l^2 y)}.$$

Or en remplaçant dans le premier membre $\frac{(1+az)(1+bz)}{c}$ par $\frac{cz}{x}$, et z^2 dans le second membre par $\frac{1}{ab}\left[-(a+b)z - 1 + \frac{c^2}{x}\right]$, on obtient une équation en z du premier degré, qui doit être par conséquent identique, et donne les égalités :

$$Sx - P = \frac{\Delta(x, k)}{\sqrt{ab}(1 - k^2 x)},$$

$$Rx + Q + c^2 S = \frac{(a + b + \sqrt{ab})\,\Delta(x, k)}{\sqrt{ab}(1 - k^2 x)}.$$

En opérant d'une manière semblable, avec les conditions concernant le second facteur, avec la variable y, on trouve :

$$Sy - P = -\frac{\Delta(y, l)}{\sqrt{ab}(1 - l^2 y)},$$

$$Ry + Q + c^2 S = -\frac{(a + b - \sqrt{ab})\,\Delta(y, l)}{\sqrt{ab}\,(1 - l^2 y)}.$$

Ces équations entre les coefficients P, Q, R, S, sont simples et donnent aisément les valeurs suivantes, où j'écris pour abréger :

$$\Delta(x, k) = \Delta \qquad \alpha = a + b + \sqrt{ab}$$
$$\Delta(y, l) = \Delta_1 \qquad \beta = a + b - \sqrt{ab}$$

$$P = \frac{y(1 - l^2 y)\,\Delta + x(1 - k^2 x)\,\Delta_1}{\sqrt{ab}\,(1 - k^2 x)(1 - l^2 y)(y - x)},$$

$$Q = \frac{(\alpha y + c^2)(1 - l^2 y)\,\Delta + (\beta x + c^2)(1 - k^2 x)\,\Delta_1}{\sqrt{ab}\,(1 - k^2 x)(1 - l^2 y)(y - x)},$$

$$R = -\frac{\alpha(1 - l^2 y)\,\Delta + \beta(1 - k^2 x)\,\Delta_1}{\sqrt{ab}\,(1 - k^2 x)(1 - l^2 y)(y - x)},$$

$$S = -\frac{(1 - l^2 y)\,\Delta + (1 - k^2 x)\,\Delta_1}{\sqrt{ab}(1 - k^2 x)(1 - l^2 y)(y - x)}.$$

Le polynôme $F(z)$ étant connu, j'emploierai l'identité :

$$F^2(z) - R(z) = C\left[x(1 + \alpha z)(1 + bz) - c^2 z\right]$$
$$\left[y(1 + az)(1 + bz) - c^2 z\right]$$
$$\left[(z - X)(z - Y)\right]$$

où l'on trouve que le facteur constant C a pour valeur :

$$C = \frac{1}{xy}\left(\frac{Pab}{c}\right)^2$$

et je ferai successivement z égal aux diverses racines du polynôme $R(z)$, de manière à obtenir les combinaisons des quantités X et Y que M. Weierstrass, en les considérant comme

fonctions des variables u et v, représente par al$(u, v)_\alpha$, avec un indice unique.

Ce calcul m'a donné pour résultat les formules suivantes :

$$\sqrt{ab\mathrm{XY}} = \frac{y(1-l^2y)\,\Delta - x(1-k^2x)\,\Delta_1}{y(1-l^2y)\,\Delta + x(1-k^2x)\,\Delta_1}.$$

$$\sqrt{ab(1-\mathrm{X})(1-\mathrm{Y})}$$
$$= \frac{(1-\sqrt{ab})(1-y)(1-l^2y)\,\Delta - (1+\sqrt{ab})(1-x)(1-k^2x)\,\Delta_1}{y(1-l^2y)\,\Delta + x(1-k^2x)\,\Delta_1}\,\frac{\sqrt{xy}}{\sqrt{(1-x)(1-y)}}.$$

$$\sqrt{(1-ab\mathrm{X})(1-ab\mathrm{Y})}$$
$$= \frac{(1-\sqrt{ab})(1-y)(1-l^2y)\,\Delta + (1+\sqrt{ab})(1-x)(1-k^2x)\,\Delta_1}{y(1-l^2y)\,\Delta + x(1-k^2x)\,\Delta_1}\,\frac{\sqrt{xy}}{\sqrt{(1-x)(1-y)}}.$$

$$\sqrt{b(1-a\mathrm{X})(1-a\mathrm{Y})}$$
$$= \frac{(\sqrt{a}+\sqrt{b})(1-l^2y)\,\Delta - (\sqrt{a}-\sqrt{b})(1-k^2x)\,\Delta_1}{y(1-l^2y)\,\Delta + x(1-k^2x)\,\Delta_1}\sqrt{xy}.$$

$$\sqrt{a(1-b\mathrm{X})(1-b\mathrm{Y})}$$
$$= \frac{(\sqrt{a}+\sqrt{b})(1-l^2y)\,\Delta + (\sqrt{a}-\sqrt{b})(1-k^2x)\,\Delta_1}{y(1-l^2y)\,\Delta + x(1-k^2x)\,\Delta_1}\sqrt{xy}.$$

Elles ouvrent la voie à des recherches sur lesquelles je me propose de revenir dans une autre occasion.

SUR CERTAINES CONSÉQUENCES

DE LA

FORMULE ÉLECTRO-DYNAMIQUE D'AMPÈRE.

PRÉSENTÉ A LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES
le 26 avril 1876,

Par Ph. GILBERT,
PROFESSEUR A L'UNIVERSITÉ DE LOUVAIN.

Dans la séance du 20 juillet 1874 de l'Académie des Sciences de Paris, M. J. Bertrand a fait remarquer que l'expression consacrée dans presque tous les Traités de physique « *deux éléments de courants galvaniques s'attirent lorsqu'ils sont de même sens, et se repoussent dans le cas contraire* » n'est pas exacte, même lorsqu'il s'agit d'éléments parallèles; et le savant géomètre a résolu, par une analyse d'ailleurs très-simple, la question de déterminer un conducteur linéaire dont tous les éléments jouiraient isolément de cette propriété, de n'exercer aucune action, attractive ou répulsive, sur un élément donné (*).

L'observation critique de M. Bertrand avait été faite déjà par Verdet (**) en ce qui concerne les éléments parallèles; et plus anciennement, dès 1845, M. Grassmann avait signalé, dans les

---

(*) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences,* t. LXXIX, p. 141.
(**) *Conférences de Physique faites à l'École normale,* 1re partie. p. 175.

Annales de Poggendorff, cette conséquence singulière de la formule d'Ampère, qu'il existe une situation relative de ces éléments pour laquelle l'action réciproque s'évanouit (*). M. Grassmann trouvait même dans cette particularité une raison de suspecter l'exactitude générale de la formule d'Ampère, et de proposer une théorie différente (**).

Dans des leçons de physique mathématique faites en 1864, j'avais rencontré, de mon côté, ces mêmes questions, et j'avais résolu dès lors le problème que s'est posé M. Bertrand, ainsi qu'un certain nombre d'autres qui exigent une analyse un peu plus compliquée. Ce sont ces notes que j'ai complétées et réunies ici, ne les trouvant pas tout à fait dénuées d'intérêt. Les problèmes que je traite sont de deux sortes :

1° Considérant deux courants rectilignes parallèles, finis, infiniment petits ou indéfinis, je cherche à déterminer les positions relatives de ces courants pour lesquelles l'action réciproque est nulle dans un sens déterminé. Si simple que la question paraisse au premier abord, elle donne lieu à des problèmes géométriques assez intéressants et parfois assez difficiles : il en est plusieurs, que j'ai dû me borner à poser, dont la solution par une méthode élégante offrirait un véritable intérêt.

2° Dans une seconde série de problèmes, à laquelle appartient celui qu'a traité M. Bertrand, je suppose donné un courant galvanique de forme très-simple, et je cherche à déterminer la figure d'un second conducteur par la condition qu'une portion quelconque de celui-ci soit sans action normale, ou longitudinale, etc...., sur le premier.

Il est clair que les problèmes de ce genre pourraient être multipliés indéfiniment, et que cela n'offrirait guère d'utilité. Cependant, ces quelques pages ne seront peut-être pas sans profit : indépendamment des problèmes de géométrie et d'analyse assez

---

(*) *Annalen der Physik und Chemie*, t. LXIV, p. 4.

(**) « Diess Ergebniss hat in der That zu wenig Wahrscheinlichkeit, als dass man nicht » gegen die Annahme, aus welcher es ervorgeht, einen Verdacht schöpfen sollte... » *Pogg. Ann.*, loc. cit.

intéressants auxquels donnent lieu ces questions d'électro-dynamique, il se trouve, parmi les résultats auxquels je suis parvenu, certaines conséquences curieuses susceptibles d'être vérifiées par expérience; telles sont celles qui se rapportent à l'action d'un courant circulaire sur un courant rectiligne. Elles pourraient être utilisées pour étudier isolément l'action de certaines portions de circuits, ce qui généralement est impossible à cause de la nécessité où l'on est de se servir de circuits fermés. D'autres enfin serviront peut-être à élucider les doutes auxquels la formule d'Ampère a donné lieu depuis un certain nombre d'années; je signalerai, par exemple, ce résultat : d'après cette formule, les deux moitiés d'un même courant rectiligne indéfini dans les deux sens exerceraient l'une sur l'autre une répulsion *infinie,* tellement que, pour un courant *d'une intensité donnée,* il existerait toujours une longueur de conducteur au delà de laquelle la rupture aurait lieu nécessairement.

---

§ 1. De l'action réciproque de deux conducteurs rectilignes et parallèles.

1. Action élémentaire.—D'après la formule d'Ampère, l'action d'un élément ds' de courant galvanique, sur un élément ds, est exprimée par la formule

$$(1) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad \varphi = \frac{ii'dsds'}{r^2}\left(\cos\varepsilon - \frac{3}{2}\cos\theta\cos\theta'\right),$$

φ étant l'intensité d'action, i, i' les intensités des courants, r la distance des deux éléments, ε l'angle compris entre leurs directions (prises dans le sens du courant); θ et θ' les angles que forment ces directions respectivement avec celle de la droite qui

joint l'élément ds à l'élément ds'. On sait que cette expression de φ, par le simple jeu des signes des quantités qui y figurent, est toujours positive ou négative selon que l'action est attractive ou répulsive.

Les éléments ds, ds' étant parallèles et de même sens (*), on a $\cos\varepsilon = 1$, $\cos\theta = \cos\theta'$, d'où

$$\varphi = \frac{ii'dsds'}{r^2}\left(1 - \frac{3}{2}\cos^2\theta\right).$$

Il suit de là que, si l'on pose

$$\cos^2\theta = \frac{2}{3}, \quad \cos\theta = \pm\sqrt{\frac{2}{3}}, \quad \sin\theta = \frac{1}{\sqrt{3}},$$

on aura $\varphi = 0$. Il n'y a donc pas d'action réciproque entre deux éléments parallèles quand la droite qui les joint fait avec leur direction un angle de 35°16′. C'est cette remarque, déjà faite par M. Grassmann (**), qui lui paraissait rendre invraisemblable la formule générale d'Ampère.

On a d'ailleurs $\varphi \gtrless 0$, suivant que $\cos^2\theta \gtrless \frac{2}{3}$, d'où il suit qu'on peut formuler la règle suivante :

Traçons un double cône ayant pour sommet le milieu M *de l'élément* ds, *et dont la génératrice fasse avec la direction de cet élément un angle de 35°16′ : un courant rectiligne indéfini, parallèle à* ds *et du même sens, agira par attraction sur* ds *dans toute sa portion comprise en dehors du cône, et par répulsion dans les deux portions comprises sous la surface du cône* (***).

2. Action longitudinale d'un courant rectiligne sur un élément parallèle. — On conçoit, par ce qui précède, que l'action d'un courant rectiligne sur un autre qui lui est parallèle et de même

---

(*) Nous supposerons, par la suite, les courants parallèles toujours de même sens : on sait qu'un renversement de sens ne fait que changer le signe de l'action.

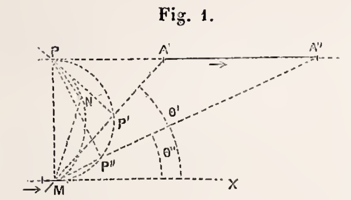
(**) *Poggendorff Annalen*, t. LXIV.

(***) Cet angle de 35° 16′ se rencontre dans un autre problème curieux, le problème de surface minimum auquel donne lieu la construction des alvéoles des abeilles

sens pourra être, tantôt attractive, tantôt répulsive, d'après les positions relatives, contrairement à une manière de parler très-usitée. Pour certaines positions, l'action pourra même être nulle, et c'est la détermination de ces positions que nous avons en vue, dans quelques cas simples.

Considérons d'abord l'action dX d'un courant de longueur finie sur un élément parallèle, dans le sens de celui-ci, ce que nous nommerons l'action *longitudinale*. Soit a la distance MP de l'élément ds à la direction du courant A'A''; nous avons, pour l'action élémentaire longitudinale,

Fig. 1.



$$d^2X = \varphi \cos\theta = \frac{ii'dsds'}{r^2}\left(1 - \frac{3}{2}\cos^2\theta\right)\cos\theta,$$

ou, à cause de la relation évidente

$$\frac{ds'}{r^2} = -\frac{d\theta}{a},$$

$$d^2X = \frac{ii'ds}{2a}(1 - 3\sin^2\theta)\cos\theta\, d\theta.$$

Intégrant et désignant par θ', θ'' les valeurs de l'angle θ qui correspondent aux extrémités A' et A'' du conducteur rectiligne, on trouve

$$(2) \quad . \quad dX = \frac{ii'ds}{2a}\left[\sin\theta - \sin^3\theta\right]_{\theta'}^{\theta''} = \frac{ii'ds}{2a}\left[\sin\theta\cos^2\theta\right]_{\theta'}^{\theta''}.$$

Sans nous arrêter à diverses transformations dont cette expression est susceptible, posons la condition $dX = 0$. Nous aurons donc

$$\sin\theta'' - \sin^3\theta'' - \sin\theta' + \sin^3\theta' = 0,$$

ou bien

$$(\sin\theta'' - \sin\theta')(1 - \sin^2\theta'' - \sin\theta''\sin\theta' - \sin^2\theta') = 0.$$

Négligeant la solution $\sin\theta'' - \sin\theta' = 0$ qui est sans intérêt, nous aurons

$$(3) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad \sin^2\theta'' + \sin\theta''\sin\theta' + \sin^2\theta' = 1$$

pour la relation qui doit exister entre les angles A″MX, A′MX si l'on veut que l'action longitudinale du courant A′A″ sur l'élément ds soit nulle.

Projetons le point P sur MA′ en P′, sur MA″ en P″, et posons

$$PP' = p', \quad PP'' = p'', \quad MP' = q', \quad MP'' = q''.$$

Nous aurons $q' = a\sin\theta'$, $q'' = a\sin\theta''$, et l'équation (3) donnera

$$q''^2 + q'q'' + q'^2 = a^2,$$

ainsi a, q', q'' sont les trois côtés d'un triangle dans lequel l'angle opposé à a est égal à 120°. Soit, par exemple, le point A′ donné à volonté : on décrira sur MP $= a$ le segment capable de l'angle de 120°, on y portera la corde MN égale à MP′ $= q'$; PN sera égal à q''. On portera donc, dans le cercle décrit sur MP comme diamètre, la corde MP″ égale à NP, et la direction de cette corde MP″ tombera sur la direction cherchée MA″.

Si nous supposons que le fil conducteur A′A″ se prolonge à l'infini dans le sens A″, nous aurons $\theta'' = 0$, et l'équation (3) se réduira à

$$\sin^2\theta' = 1, \quad \theta' = \frac{\pi}{2}.$$

Ainsi, *un courant rectiligne, indéfini dans un sens, n'exerce aucune action longitudinale sur un élément parallèle, lorsque la droite qui joint l'origine du courant indéfini au milieu de l'élément est perpendiculaire à leur direction commune.*

3. Action normale. — L'action qu'un élément ds' du courant rectiligne A′A″ exerce sur l'élément ds, *normalement* à celui-ci, a pour expression

$$\varphi\sin\theta = \frac{ii'ds\,ds'}{r^2}\left(1 - \frac{3}{2}\cos^2\theta\right)\sin\theta = -\frac{ii'ds}{a}\left(1 - \frac{3}{2}\cos^2\theta\right)\sin\theta\,d\theta.$$

L'action totale dY du conducteur entier est donc égale à

$$(4) \quad \ldots\ldots \int \varphi \sin\theta = \frac{ii'ds}{a}\left[\cos\theta - \frac{1}{2}\cos^3\theta\right]_{\theta'}^{\theta''},$$

d'où

$$dY = \frac{ii'ds}{2a}(\cos\theta'' - \cos\theta')\,(2 - \cos^2\theta'' - \cos\theta''\cos\theta' - \cos^2\theta').$$

Si donc l'on pose $dY = 0$, on tombe sur l'égalité

$$(5) \quad \ldots\ldots \cos^2\theta'' + \cos\theta''\cos\theta' + \cos^2\theta' = 2,$$

qui exprime la condition pour que le courant A'A'' *n'ait aucune action normale* sur l'élément *ds*.

1° Pour que le courant A'A'' fût sans action aucune sur *ds*, il faudrait que l'on eût à la fois $dX = 0$, $dY = 0$, et que les équations (3) et (5) fussent vérifiées par les angles θ', θ''. Or, si l'on ajoute membre à membre ces équations, on obtient celle-ci :

$$\cos(\theta' - \theta'') = 1,$$

d'où résulterait l'égalité $\theta' = \theta''$, qui est impossible. Donc, *il est impossible de placer le courant* A'A'' *dans une position telle qu'il soit sans aucune action sur l'élément parallèle* ds.

2° L'équation (5) peut s'écrire aussi

$$p''^2 + p'p'' + p'^2 = 2a^2,$$

et l'on voit que p', p'', $a\sqrt{2}$ sont les côtés d'un triangle dans lequel l'angle opposé au côté $a\sqrt{2}$ est égal à 120°. On déduit de là une construction géométrique de l'angle θ'', l'angle θ' étant donné, du même genre que celle dont nous avons parlé plus haut.

3° Si le courant A'A'' s'allonge indéfiniment dans le sens A'', $\theta'' = 0$, $\cos\theta'' = 1$; l'équation (5) donne, pour déterminer la direction MA', la relation

$$\cos^2\theta' + \cos\theta' = 1,$$

que l'on peut mettre sous l'une des formes suivantes :

$$\cos\theta' = \frac{1}{1+\cos\theta'}, \quad \operatorname{tg}\theta' = \operatorname{cosec}\theta', \quad \cos\theta' = \frac{\sqrt{5}-1}{2}.$$

Donc, *pour qu'un courant rectiligne indéfini dans un sens soit sans action normale sur un élément parallèle, il faut que la droite qui joint cet élément à l'origine du courant fasse avec la direction de celui-ci un angle tel, que son cosinus soit égal au côté du décagone régulier inscrit, ou que sa tangente soit égale à sa cosécante.*

Il résulte d'ailleurs de la première forme que $\cos\theta'$ est égal à la valeur de la fraction continue

$$\cfrac{1}{1+\cfrac{1}{1+\cfrac{1}{1+\cdots}}}$$

dont les réduites successives sont

$$\frac{1}{2}, \quad \frac{2}{3}, \quad \frac{3}{5}, \quad \frac{5}{8}, \quad \frac{8}{13}, \ldots.$$

4. Action longitudinale d'un courant rectiligne indéfini sur un courant parallèle de longueur finie. — Soient $A'A''$ le courant indéfini, A_1A_2 le courant fini, X l'action longitudinale du premier sur le second; θ'_1, θ'_2 les angles $A'A_1X$, $A'A_2X$ que forment avec la direction du courant A_1A_2 les droites qui joignent ses extrémités à l'origine du courant indéfini. La formule (2) dans laquelle on doit faire $\theta''=0$, nous donne pour l'action longitudinale du courant indéfini sur un élément ds de A_1A_2

Fig. 2.

$$dX = -\frac{ii'ds}{2a}\sin\theta'\cos^2\theta',$$

et, à cause de la relation $ds = \frac{a d\theta'}{\sin^2\theta'}$,

$$dX = -\frac{ii'}{2} \frac{\cos^2\theta'}{\sin\theta'} d\theta',$$

d'où l'on tire, par l'intégration,

$$(6)\quad X = -\frac{ii'}{2}\left[\cos\theta' + \mathrm{l.}\,\mathrm{tg}\frac{\theta'}{2}\right]_{\theta'_1}^{\theta'_2} = \frac{ii'}{2}\left[\cos\theta' - \cos\theta' + \mathrm{l.}\frac{\mathrm{tg}\frac{\theta'_1}{2}}{\mathrm{tg}\frac{\theta'_2}{2}}\right] (^*).$$

Il ne paraît pas que cette expression se prête à une représentation géométrique simple. Nous pouvons, toutefois, tirer quelque conclusion de la suivante : la courbe qui a pour équation polaire

$$\rho = e^{\cos\theta}\,\mathrm{tg}\frac{\theta}{2}$$

est une sorte de spirale qui a pour asymptote une parallèle à l'axe polaire, située à la distance $\frac{2}{e}$ au-dessus de cet axe. Soient ρ_1, ρ_2 les rayons vecteurs correspondants à des angles polaires θ'_1, θ'_2. Nous aurons

$$X = \frac{ii'}{2}\,\mathrm{l.}\frac{\rho_1}{\rho_2}.$$

L'équation de la courbe donne d'ailleurs

$$\frac{d\rho}{d\theta} = e^{\cos\theta}\frac{\cos^2\theta}{1+\cos\theta},$$

quantité essentiellement positive : ρ est donc constamment croissant avec θ ; il est donc impossible de déterminer les angles θ'_1, θ'_2 de façon à vérifier l'égalité $\rho_1 = \rho_2$, et par suite l'égalité $X = 0$.

Donc, *l'action longitudinale d'un courant rectiligne indéfini sur un courant parallèle ne saurait être nulle par aucune situation relative des deux conducteurs.*

(*) La notation *l* désigne le logarithme népérien.

Si nous concevons maintenant que le courant A_1A_2 s'allonge indéfiniment dans le sens A_1, θ'_1 aura pour limite zéro, et X aura pour limite $-\infty$.

Ainsi, *l'action longitudinale d'un courant indéfini dans un sens, sur un courant parallèle qui s'étend indéfiniment en sens contraire, est infinie.*

Nous reviendrons plus loin sur les conséquences de cette remarque.

5. Action normale. — Nous supposons toujours un courant rectiligne indéfini A'A'' (fig. 2), et un courant parallèle de longueur finie A_1A_2, et nous cherchons l'action normale Y du premier sur le second. La formule (4) nous donne, pour $\theta'' = 0$,

$$dY = \frac{ii'ds}{a}\left(\frac{1}{2} - \cos\theta' + \frac{1}{2}\cos^3\theta'\right),$$

d'où, substituant à ds sa valeur $\frac{a\,d\theta'}{\sin^2\theta'}$, et intégrant entre les limites qui correspondent aux points A_1 et A_2,

$$Y = \frac{ii'}{2}\left[-\cot\theta' + \frac{1}{\sin\theta'} - \sin\theta'\right]_{\theta'_1}^{\theta'_2}$$

ou

$$(7) \quad \ldots\ldots \quad Y = \frac{ii'}{2}\left(\cos\theta'_1 \operatorname{tg}\frac{\theta'_1}{2} - \cos\theta'_2 \operatorname{tg}\frac{\theta'_2}{2}\right).$$

Pour que l'on ait $Y = 0$, il faudrait donc établir entre les angles θ'_1 et θ'_2 la relation

$$(8) \quad \ldots\ldots \quad \cos\theta'_1 \operatorname{tg}\frac{\theta'_1}{2} - \cos\theta'_2 \operatorname{tg}\frac{\theta'_2}{2} = 0,$$

dont la représentation géométrique simple nous paraît assez difficile. Toutefois, comme la fonction

$$\cos\theta \operatorname{tg}\frac{\theta}{2}$$

s'évanouit deux fois, lorsque θ passe de la valeur zéro à la valeur $\frac{\pi}{2}$, il est clair qu'elle repasse deux fois par les mêmes valeurs dans cet intervalle; si donc on donne un angle θ'_1 compris entre zéro et $\frac{\pi}{2}$, il existe toujours un angle θ'_2 compris entre les mêmes limites et propre à satisfaire à l'équation (8).

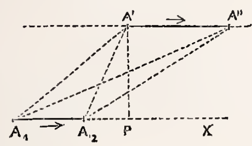
Le cas particulier le plus remarquable est celui où l'on suppose $\theta'_1 = 0$, c'est-à-dire le conducteur A_1A_2 s'étendant indéfiniment dans le sens A_1. L'équation (8) admet alors la seule solution

$$\cos\theta'_2 = 0 \quad \text{ou} \quad \theta'_2 = \frac{\pi}{2}.$$

Donc, *deux courants rectilignes parallèles qui s'étendent indéfiniment en sens contraire, n'exercent aucune action normale l'un sur l'autre, lorsque la droite $A'A_2$ qui joint leurs origines est perpendiculaire à leur direction commune.*

6. Action longitudinale de deux courants rectilignes, parallèles, de longueurs finies.

Fig 3.



On tirera facilement de l'équation (2) par l'intégration, comme au n° 4, la formule

$$X = \frac{ii'}{2}\left(\cos\theta''_2 - \cos\theta''_1 - \cos\theta'_2 + \cos\theta'_1 + 1.\frac{\operatorname{tg}\frac{\theta''_2}{2}\operatorname{tg}\frac{\theta'_1}{2}}{\operatorname{tg}\frac{\theta''_1}{2}\operatorname{tg}\frac{\theta'_2}{2}}\right),$$

θ'_1, θ'_2, θ''_1, θ''_2 désignant les quatre angles formés avec la direction A_1X du courant par les quatre droites A_1A', A_2A', A_1A'', A_2A'' qui joignent deux à deux les extrémités des deux courants. Mais quoique l'on puisse disposer de quatre variables, les longueurs des courants, leur distance a, et la distance de la projection P du point A' au point A_2, il importe de remarquer que les quatre angles θ sont liés entre eux par une relation *a priori*, savoir

$$(9) \quad \ldots \quad \cot\theta''_2 - \cot\theta''_1 - \cot\theta'_2 + \cot\theta'_1 = 0,$$

comme il est facile de s'en assurer. Cette relation exprime que les points A', A'' sont sur une parallèle à la droite qui joint les points A_1, A_2; en d'autres termes, cette équation (9) lie les quatre angles que forment les côtés latéraux et les diagonales d'un trapèze avec l'une des bases.

Pour que l'action longitudinale du courant A'A'' sur A_1A_2 soit nulle, il faut donc résoudre ce problème d'analyse : déterminer quatre angles θ'_1, θ'_2, θ''_1, θ''_2, vérifiant à la fois les deux égalités

$$\left\{\begin{aligned}&\cos\theta''_2-\cos\theta''_1-\cos\theta'_2+\cos\theta'_1+l.\frac{\operatorname{tg}\frac{\theta''_2}{2}\operatorname{tg}\frac{\theta'_1}{2}}{\operatorname{tg}\frac{\theta''_1}{2}\operatorname{tg}\frac{\theta'_2}{2}}=0,\\&\cot\theta''_2-\cot\theta''_1-\cot\theta'_2+\cot\theta'_1=0.\end{aligned}\right.$$

Le problème paraît offrir une difficulté singulière, même en se laissant le choix des inconnues (*). Cependant, la considération de la courbe déjà indiquée

$$\rho=e^{\cos\theta}\operatorname{tg}\frac{\theta}{2},$$

à laquelle on joindrait celle-ci :

$$\rho=\cot\theta,$$

suffit pour montrer que l'on peut se donner à volonté deux des quatre angles θ, et que la détermination des deux autres sera toujours possible.

Cette recherche donne lieu à un problème de géométrie également curieux et difficile. Sans nous y arrêter, nous allons traiter une question simple qui conduit à des conséquences singulières.

7. Action de deux courants rectilignes situés sur une même ligne droite. — Cette droite étant prise pour axe des x, soient x',

---

(*) Nous ne parlons pas ici, bien entendu, de la solution évidente $\theta'_1=\pi-\theta''_2$, $\theta'_1=\pi-\theta'_2$.

x'', x_1, x_2 les distances de l'origine 0 aux extrémités A', A'', A_1, A_2 les deux conducteurs; x et ξ les distances respectives des éléments ds et ds' à la même origine. La formule d'Ampère donne ici, évidemment,

$$\varphi = -\frac{1}{2}\frac{ii'dsds'}{r^2},$$

et l'on a remarqué depuis longtemps qu'elle indique une répulsion entre les parties d'un même courant : on donne même, dans les cours de Physique, un moyen de vérifier expérimentalement ce résultat. Si l'on met cette expression sous la forme

$$\varphi = -\frac{1}{2}\frac{ii'd\xi dx}{(\xi - x)^2},$$

et si l'on intègre, d'abord par rapport à ξ entre x' et x'', puis par rapport à x entre x_1 et x_2, on trouve, par un calcul sans difficulté et sans intérêt,

$$X = ii' \, \mathrm{l}. \frac{x'' - x_1}{x'' - x_2} \cdot \frac{x' - x_2}{x' - x_1},$$

pour l'expression de l'action réciproque des deux conducteurs.

1° Soit $x' = x_2$, c'est-à-dire les courants placés bout à bout. On trouve $X = -\infty$, d'où il résulterait que *deux portions contiguës d'un même courant rectiligne exerceraient l'une sur l'autre une répulsion infinie.* Cette conséquence inadmissible semble bien indiquer, comme l'admet M. Neumann (*), que la loi élémentaire d'Ampère ne doit pas être appliquée à deux éléments situés à une distance très-petite l'un de l'autre.

Mais cette hypothèse ne saurait lever la difficulté suivante :

2° Supposons que le courant A'A'' s'allonge indéfiniment dans le sens A'', ce qui revient à supposer $x'' = \infty$, et nous aurons,

(*) « Ebenso wie das Newton'sche Gezetz mit einer Function der Entfernung r behaftet » ist, welche nur für beträchtliche r identisch ist mit $\frac{1}{r^2}$, für sehr kleine r aber von noch » unbekannter Beschaffenheit ist, ebenso erscheint es sehr möglich, dass Analoges auch » anzunehmen ist beim Ampère'schen Gesetz. » *Die Elektrischen Kräfte*, p. 46.

pour l'action d'un courant indéfini dans un sens sur un courant fini de même direction,

$$X = ii' \, \mathrm{l.} \frac{x' - x_2}{x' - x_1}.$$

L'action est donc répulsive et a une valeur déterminée. Admettons maintenant que le courant A_1A_2 s'allonge à l'infini dans le sens A_1, ce qui suppose $x_1 = -\infty$, nous trouverons

$$X = -\infty.$$

De là résulterait cette singulière conséquence que, *sur un même conducteur rectiligne indéfini dans les deux sens, deux portions indéfinies, l'une vers la droite, l'autre vers la gauche et non contiguës, se repousseraient avec une force infinie;* en sorte que, par une intensité *donnée* du courant, on pourrait toujours lui assigner une longueur telle qu'il en résultât la rupture du conducteur.

8. Action normale réciproque de deux courants rectilignes parallèles (fig. 3). — Nous reprenons la formule (4), qui nous donne

$$dY = \frac{ii'ds}{2a}\left[\cos\theta''(1+\sin^2\theta'') - \cos\theta'(1+\sin^2\theta')\right]$$

pour l'action normale du conducteur $A'A''$ sur un élément ds du conducteur A_1A_2. D'après les relations

$$ds = \frac{ad\theta''}{\sin^2\theta''}, \quad ds = \frac{ad\theta'}{\sin^2\theta'},$$

une intégration faite depuis le point A_1 jusqu'à A_2 donnera

$$Y = \frac{ii'}{2}\left(\sin\theta''_2 - \sin\theta''_1 - \sin\theta'_2 + \sin\theta'_1 - \frac{1}{\sin\theta''_2} + \frac{1}{\sin\theta''_1} + \frac{1}{\sin\theta'_2} - \frac{1}{\sin\theta'_1}\right).$$

Cette expression se met sous des formes variées, parmi lesquelles nous choisirons celle-ci :

$$(10)\quad Y = -\frac{ii'}{2}(\cos\theta''_2 \cot\theta''_2 - \cos\theta''_1 \cot\theta''_1 - \cos\theta'_2 \cot\theta'_2 + \cos\theta'_1 \cot\theta'_1),$$

à laquelle d'ailleurs il faut joindre la condition (9).

Ainsi, la solution analytique du problème : *trouver les situations relatives des deux conducteurs pour lesquelles l'action normale* Y *serait nulle,* dépend de la détermination de quatre angles θ'_1, θ'_2, θ''_1, θ''_2, propres à vérifier les deux équations :

$$(11)\quad \begin{cases} \cos\theta''_2 \cot\theta''_2 - \cos\theta''_1 \cot\theta''_1 - \cos\theta'_2 \cot\theta'_2 + \cos\theta'_1 \cot\theta'_1 = 0, \\ \cot\theta''_2 - \cot\theta''_1 - \cot\theta'_2 + \cot\theta'_1 = 0. \end{cases}$$

On voit bien que, deux des angles étant donnés, il est théoriquement possible de déterminer les deux autres. Quant à une solution géométrique à la fois simple et élégante de ce problème, j'avoue l'avoir cherchée en vain, bien que l'on puisse traduire la première des équations (11) par une construction qui n'est peut-être pas sans intérêt. En résumé, il faudrait construire un système de quatre droites vérifiant la première des équations (11) pour une infinité de cas différents, comme les côtés latéraux et les diagonales d'un trapèze vérifiant la seconde, et combiner les deux constructions.

---

§ 2. Recherche de la figure d'un conducteur dont un arc quelconque satisfait à une condition donnée.

—

9. Étant donné un élément *ds*, déterminer la figure d'un conducteur tel, que chacun de ses éléments serait sans action sur l'élément *ds* ?

On sait par Ampère (*) que l'action d'un élément *ds'* du courant cherché, sur l'élément *ds*, peut s'exprimer sous la forme

$$\varphi = ii'ds \,.\, r^{-\frac{1}{2}} \frac{d\,(r^{-\frac{1}{2}}\cos\theta)}{ds'}\,ds'.$$

Nous considérerons r, θ comme les coordonnées polaires de l'élément *ds'*, le pôle étant au milieu M de *ds* et l'axe polaire MX suivant la direction de cet élément. La condition $\varphi = 0$ donne immédiatement

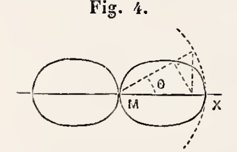
$$\frac{d.(r^{-\frac{1}{2}}\cos\theta)}{ds'} = 0 \quad \text{ou} \quad r^{-\frac{1}{2}}\cos\theta = const.,$$

équation que l'on peut écrire sous la forme

$$r = \mathrm{C}\cos^2\theta \quad \text{ou} \quad 2r = \mathrm{C}\,(1 + \cos 2\theta).$$

C'est l'équation de la courbe cherchée, dont un arc quelconque, parcouru par un courant galvanique, ne produit aucune action sur l'élément *ds*. La constante C est arbitraire. La courbe est facile à construire par points, en décrivant un cercle de rayon C, projetant le rayon sur l'axe polaire, puis cette projection sur le rayon même. La courbe (fig. 4) se compose de deux

Fig. 4.



(*) *Théorie des phénomènes électro-dynamiques*, p. 36.

ovales tangentes l'une à l'autre au pôle. Ce problème est celui dont M. Bertrand a donné la solution généralisée dans les *Comptes rendus*.

10. Étant donné un courant rectiligne fini ou indéfini A_1A_2, déterminer la forme d'un courant linéaire dont un arc quelconque exerce sur le premier courant une action longitudinale nulle?

Nous supposons toujours les courants dans un même plan. La formule d'Ampère donne pour l'action élémentaire, à cause de la relation $\theta' = \theta - \varepsilon$,

$$\varphi = \frac{ii'dsds'}{r^2}\left[\cos\varepsilon - \frac{3}{2}\cos\theta\cos(\theta-\varepsilon)\right],$$

et pour l'action élémentaire suivant ds

$$\varphi\cos\theta = \frac{ii'dsds'}{r^2}\left[\left(-\frac{1}{2}+\frac{3}{2}\sin^2\theta\right)\cos\varepsilon - \frac{3}{2}\sin\theta\cos\theta\sin\varepsilon\right]\cos\theta.$$

Mais on a évidemment

$$\frac{ds}{r} = \frac{d\theta}{\sin\theta}, \quad \frac{ds}{r^2} = \frac{d\theta}{r\sin\theta} = \frac{d\theta}{\beta},$$

β étant la perpendiculaire abaissée du milieu M de l'élément ds' sur la direction du courant A_1A_2. Nous aurons donc

$$\varphi\cos\theta = \frac{ii'ds'}{\beta}\left(-\frac{1}{2}\cos\varepsilon + \frac{3}{2}\sin^2\theta\cos\varepsilon - \frac{3}{2}\sin\theta\cos\theta\sin\varepsilon\right)\cos\theta\, d\theta.$$

Intégrant par rapport à θ depuis $\theta = \theta_1$ qui se rapporte au point A_1, jusqu'à $\theta = \theta_2$ qui se rapporte au point A_2, et observant que β est constant dans cette intégration, on trouve, pour l'action longitudinale dX de l'élément ds' sur le courant A_1A_2,

$$dX = \frac{ii'ds'}{\beta}\left[-\frac{1}{2}\cos\varepsilon\sin\theta + \frac{1}{2}\sin^3\theta\cos\varepsilon + \frac{1}{2}\cos^3\theta\sin\varepsilon\right]_{\theta_1}^{\theta_2}$$
$$= -\frac{ii'ds'}{\beta}\left[\cos^2\theta\sin(\theta-\varepsilon)\right]_{\theta_1}^{\theta_2}.$$

D'où, enfin,

$$(11)\ .\ dX = -\frac{iids'}{2\beta}\left[\cos^2\theta_2 \sin(\theta_2 - \varepsilon) - \cos^2\theta_1 \sin(\theta_1 - \varepsilon)\right].$$

1° On observe que dX est nul si l'on a

$$\theta_1 = \varepsilon, \quad \theta_2 = \frac{\pi}{2},$$

résultat facile à formuler en théorème.

2° Supposons d'abord que le courant A_1A_2 soit infini dans le sens A_2; nous devrons poser $\theta_2 = \pi$, et la condition pour que dX soit nul s'exprimera par l'équation

$$\cos^2\theta_1 \sin(\theta_1 - \varepsilon) - \sin\varepsilon = 0.$$

Remplaçons, pour simplifier, θ_1 par θ, et observons que, r et θ étant les coordonnées polaires de l'élément ds' par rapport au pôle A_1 et à l'axe polaire A_1A_2, nous aurons

$$\sin(\theta - \varepsilon) = -\frac{rd\theta}{ds'}, \quad \sin\varepsilon = \frac{d(r\sin\theta)}{ds'},$$

ce qui ramènera l'équation ci-dessus à celle-ci :

$$r\cos^2\theta\, d\theta + d(r\sin\theta) = 0.$$

Telle est, entre r et θ, l'équation différentielle de la courbe cherchée, que doit affecter un conducteur linéaire pour que son action longitudinale sur le courant indéfini A_1A_2 soit nulle.

Cette équation s'intègre sans peine. On a

$$\frac{d(r\sin\theta)}{r\sin\theta} + \frac{\cos^2\theta\, d\theta}{\sin\theta} = 0,$$

et, en intégrant,

$$\text{l.}\, r\sin\theta + \text{l.}\,\text{tg}\frac{\theta}{2} + \cos\theta = \textit{const.},$$

ou bien

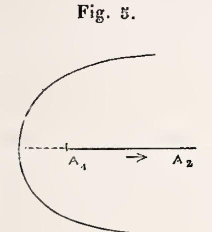
$$r\sin\theta\,\text{tg}\frac{\theta}{2} = Ce^{-\cos\theta},$$

C étant une constante arbitraire ; ou enfin

$$r = \frac{Ce^{-\cos\theta}}{1 - \cos\theta}.$$

Les courbes semblables représentées par cette équation ont une forme analogue à celle de la parabole : on les en déduit en multipliant le rayon vecteur de la parabole, mené du foyer, par le facteur $e^{-\cos\theta}$ (fig 5).

Fig. 5.



On doit remarquer que la propriété de n'exercer aucune action longitudinale sur le courant A_1A_2 appartient à un arc *quelconque* pris sur la courbe que nous venons de déterminer.

3° Pour revenir au cas où le conducteur A_1A_2 a une longueur finie, nous reprenons la formule (11), et nous posons $dX = 0$, d'où

$$\sin(\theta_2 - \varepsilon)\cos^2\theta_2 - \sin(\theta_1 - \varepsilon)\cos^2\theta_1 = 0.$$

Nous emploierons pour déterminer la courbe les coordonnées angulaires, c'est-à-dire que nous définirons chaque point M de cette courbe par les angles θ_1 et θ_2 que forment les rayons A_1M, A_2M avec la direction A_1A_2.

Nous avons d'abord

$$\sin(\theta_1 - \varepsilon) = - r_1\frac{d\theta_1}{ds'}, \quad \sin(\theta_2 - \varepsilon) = - r_2\frac{d\theta_2}{ds'},$$

d'où

$$r_2\cos^2\theta_2\, d\theta_2 - r_1\cos^2\theta_1\, d\theta_1 = 0.$$

Mais la relation évidente

$$r_1\sin\theta_1 = r_2\sin\theta_2 = \beta$$

ramène cette équation à celle-ci :

$$\frac{\cos^2\theta_2}{\sin\theta_2}d\theta_2 - \frac{\cos^2\theta_1}{\sin\theta_1}d\theta_1 = 0,$$

dont l'intégration conduit à la suivante :

$$(12) \quad . \quad . \quad . \quad \text{l. tg}\frac{\theta_2}{2} - \text{l. tg}\frac{\theta_1}{2} + \cos\theta_2 - \cos\theta_1 = const.,$$

ou encore

$$e^{\cos\theta_2}\,\text{tg}\frac{\theta_2}{2} = Ce^{\cos\theta_1}\,\text{tg}\frac{\theta_1}{2},$$

C étant une constante arbitraire.

Telle est, en coordonnées angulaires, l'équation des courbes dont une portion quelconque serait sans action longitudinale sur le courant A_1A_2. Elles jouissent d'une propriété à remarquer : si nous rapprochons l'équation de la courbe, sous la forme (12), de l'expression (6) de l'action longitudinale d'un courant indéfini sur un courant parallèle, nous observons que la valeur de X donnée par l'équation (6) reste constante, lorsque l'origine A′ du conducteur indéfini se déplace sur la courbe (12). Donc, *si l'on détermine une courbe telle que chacun de ses éléments soit sans action longitudinale sur un courant rectiligne fini* A_1A_2, *un courant rectiligne indéfini parallèle à* A_1A_2, *et dont l'origine parcourrait cette courbe, exercerait sur* A_1A_2 *une action longitudinale constante.*

11. Étant donné un courant rectiligne A_1A_2, déterminer la forme d'un conducteur linéaire dont un arc quelconque exercerait sur ce courant une action normale nulle ?

La composante normale de l'action élémentaire étant, d'après le n° 10,

$$\varphi\sin\theta = \frac{ii'ds'}{\beta}\left[\cos\varepsilon - \frac{3}{2}\cos^2\theta\cos\varepsilon - \frac{3}{2}\sin\theta\cos\theta\sin\varepsilon\right]\sin\theta\,d\theta,$$

une intégration facile nous donnera, pour l'action normale de l'élément ds' du conducteur cherché sur A_1A_2,

$$dY = -\frac{ii'ds'}{2\beta}\Big[\cos\varepsilon\cos\theta + \sin^2\theta\cos(\theta-\varepsilon)\Big]_{\theta_1}^{\theta_2}.$$

Bornons-nous à considérer le cas où le courant A_1A_2 est indéfini dans le sens A_2. Pour que dY soit nul, θ_2 étant égal π, il faut que l'on ait

$$\cos\varepsilon(1+\cos\theta_1)+\sin^2\theta_1\cos(\theta_1-\varepsilon)=0.$$

Soient r, θ les coordonnées polaires de l'élément ds' par rapport au pôle A_1 et à l'axe polaire A_1A_2. Nous avons sans peine, en remplaçant θ_1 par θ,

$$\cos\varepsilon=\frac{d\,.\,r\cos\theta}{ds'},\quad \cos(\theta-\varepsilon)=\frac{dr}{ds'},$$

et l'équation précédente devient

$$(1+\cos\theta)\,d\,.\,r\cos\theta+\sin^2\theta\,dr=0.$$

C'est l'équation différentielle de la courbe cherchée.

En développant $d(r\cos\theta)$, nous trouverons

$$(1+\cos\theta)(dr-r\sin\theta\,d\theta)=0,$$

et comme le premier facteur ne peut être nul,

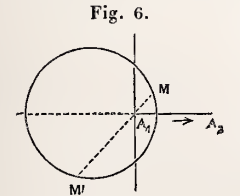
$$\frac{dr}{r}-\sin\theta\,d\theta=0,$$

équation dont l'intégrale se réduit à la forme

$$r=Ce^{-\cos\theta},$$

C étant une constante arbitraire. Cette équation représente des courbes homothétiques dont A_1 est le centre de similitude : *un conducteur affectant la forme d'une de ces courbes sera donc sans action normale sur le conducteur indéfini* A_1A_2.

Fig. 6.



La courbe est fermée (fig. 6) : elle jouit de la propriété d'être sa propre transformée

par rayons vecteurs réciproques relativement au pôle A_1, car l'on a

$$r = Ce^{-\cos\theta}, \quad r' = Ce^{-\cos(\theta+\pi)} = Ce^{\cos\theta}, \quad rr' = C^2,$$

le produit des rayons vecteurs de directions opposées est constant.

12. Nous terminerons par un problème du même genre qui conduit à un résultat assez intéressant : *Étant donné un courant rectiligne* A_1A_2, *déterminer la forme d'un conducteur linéaire tel, qu'un arc quelconque de celui-ci ne produise aucune action pour faire tourner le courant* A_1A_2 *autour de son origine* A_1.

Soient α, β les coordonnées rectangles du milieu M de l'élément ds' par rapport à A_1X, A_1Y. Le moment de l'action élémentaire par rapport au point A_1 est évidemment

$$\varphi \sin\theta(\alpha - \beta\cot\theta) = \varphi(\alpha\sin\theta - \beta\cos\theta)$$

$$= \frac{ii'ds'}{\beta}\left[\cos\varepsilon\left(1 - \frac{3}{2}\cos^2\theta\right) - \frac{3}{2}\sin\theta\cos\theta\sin\varepsilon\right](\alpha\sin\theta - \beta\cos\theta)\,d\theta.$$

Intégrant depuis le point A_1 jusqu'au point A_2, et désignant par dM le moment du couple cherché, nous trouverons

$$dM = -\frac{ii'ds'}{2\beta}\Big[(\alpha\cos\theta - \beta\sin\theta)\cos\varepsilon + (\alpha\cos\theta + \beta\sin\theta)\sin(\theta-\varepsilon)\sin\theta$$
$$+ (\alpha\sin\theta + \beta\cos\theta)\sin\varepsilon\Big]_{\theta_1}^{\theta_2}.$$

Observant que l'on a

$$\frac{\alpha}{\cos\theta_1} = \frac{\beta}{\sin\theta_1},$$

on trouvera sans peine

$$dM = -\frac{ii'ds'}{2\sin\theta_1}\Big[\cos(\theta + \theta_1 - \varepsilon) + \cos(\theta - \theta_1)\sin(\theta - \varepsilon)\sin\theta\Big]_{\theta_1}^{\theta_2}$$

$$= -\frac{ii'ds'}{2\sin\theta_1}\Big[\cos(\theta_2 + \theta_1 - \varepsilon) - \cos(2\theta_1 - \varepsilon) + \cos(\theta_2 - \theta_1)\sin(\theta_2 - \varepsilon)\sin\theta_2$$
$$- \sin(\theta_1 - \varepsilon)\sin\theta_1\Big]$$

$$= -\frac{ii'ds'}{2\sin\theta_1}\Big[\sin(\theta_2 - \theta_1)\cos(\theta_2 - \varepsilon)\sin\theta_2 + \cos(\theta_1 - \varepsilon)(\cos\theta_2 - \cos\theta_1)\Big].$$

Admettons maintenant que $\theta_2 = \pi$, ou que le courant A_1A_2 s'allonge à l'infini ; il viendra simplement

$$dM = \frac{ii'ds'}{2} \cos(\theta_1 - \varepsilon) \cot \frac{\theta_1}{2}.$$

On ne peut évidemment satisfaire à l'hypothèse $dM = 0$ que si l'on pose $\cos(\theta_1 - \varepsilon) = 0$, ou

$$\frac{dr}{ds'} = 0, \quad \text{ou} \quad r = \text{const.}$$

La courbe cherchée est donc un cercle de rayon quelconque, ayant pour centre le point A_1. Si l'on observe maintenant que, les actions élémentaires étant réciproques, le couple que produit un courant quelconque sur A_1A_2 pour le faire tourner autour du point A_1 est égal, et de sens contraire, à celui que le conducteur A_1A_2 exerce sur le courant donné, on peut exprimer le résultat que nous venons de trouver sous cette forme remarquable :

Un courant rectiligne indéfini dans un sens ne saurait produire aucune rotation sur une portion quelconque de conducteur circulaire, ayant pour centre l'origine du courant et mobile autour de ce centre.

Cette propriété est d'autant plus remarquable qu'elle appartient exclusivement, comme nous allons le voir, au courant *indéfini*, et qu'elle s'applique à une portion *quelconque* du conducteur circulaire.

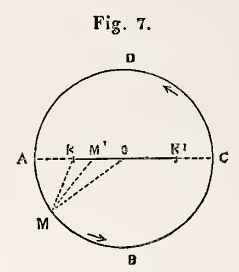
On conçoit facilement comment le théorème précédent se prêterait à une vérification expérimentale.

13. La rotation d'un courant rectiligne dans un plan horizontal, sous l'influence d'un courant circulaire fixe placé dans le même plan, est une expérience que l'on réalise dans les cours de physique. L'appareil est décrit par Jamin, tome III, page 219. Mais je ne pense pas que l'on ait traité directement ce problème par le calcul, pour déterminer l'intensité du couple moteur, et comme l'on est conduit à une nouvelle application des intégrales

elliptiques aux phénomènes naturels, il me semble qu'il y a quelque intérêt à effectuer ce calcul.

Soit ABCD un conducteur circulaire, dont le centre est en O, dont le rayon est a. Calculons d'abord le couple qu'exerce une portion KO de courant rectiligne, dirigé suivant un rayon du cercle, sur une portion quelconque du circuit ABCD, pour le faire tourner autour du point O. Soient ds, ds' deux éléments situés respectivement en M, M'. La composante tangentielle de l'action de ds' sur ds est

Fig. 7.



$$\varphi \cos\theta = \frac{ii'}{2} ds \cdot \frac{d}{ds'}\left(\frac{\cos^2\theta}{r}\right) ds',$$

d'après une formule connue due à Ampère, et le moment de cette action par rapport au centre O, considéré comme positif lorsqu'il tend à faire mouvoir l'élément ds dans le sens du courant ABCD, a pour valeur

$$\varphi \cos\theta \,.\, a = \frac{aii'}{2} ds \frac{d}{ds'}\left(\frac{\cos^2\theta}{r}\right) ds'.$$

Intégrant par rapport à s' depuis $s' = 0$ jusqu'à $s' = l = \text{KO}$, nous avons pour le moment dM de l'action du courant KO sur ds

$$d\text{M} = -\frac{aii'}{2} ds \,.\, \frac{\cos^2\theta'}{r'},$$

θ', r' se rapportant au point K ($\cos\theta$ est nul pour le point O).

Il faut maintenant intégrer cette expression par rapport à s, pour obtenir le moment M relatif à un arc AM, depuis $s = 0$ jusqu'à $s = \text{AM}$. Nous choisirons pour variable l'angle $\psi = \text{AKM}$ que forme la direction du rayon OK avec la droite $\text{KM} = r'$. Nous aurons évidemment, par le triangle KOM,

$$l \sin\psi = a \sin\left(\theta' - \frac{\pi}{2}\right) = -a\cos\theta', \quad \sin\theta' = \sqrt{1 - \frac{l^2}{a^2}\sin^2\psi};$$

d'ailleurs

$$ds = \frac{r' d\psi}{\sin\theta'}, \quad \text{d'où} \quad \frac{ds}{r'} = \frac{d\psi}{\sqrt{1 - \frac{l^2}{a^2}\sin^2\psi}};$$

enfin, on a $\psi = 0$ pour $s = 0$, donc

$$M = -\frac{aii'}{2}\int_0^s \frac{\cos^2\theta'}{2}\,ds = -\frac{aii'}{2}\,\frac{l^2}{a^2}\int_0^\psi \frac{\sin^2\psi\,d\psi}{\sqrt{1 - \frac{l^2}{a^2}\sin^2\psi}}.$$

Désignons par k le rapport $\frac{l}{a}$, qui sera toujours plus petit que l'unité puisque le conducteur OK ne forme qu'une portion du rayon du cercle. Il viendra

$$M = -\frac{aii'k^2}{2}\int_0^\psi \frac{\sin^2\psi\,d\psi}{\sqrt{1 - k^2\sin^2\varphi}} = \frac{aii'}{2}\left[E(k,\psi) - F(k,\psi)\right],$$

d'après la notation de Legendre pour les intégrales elliptiques.

Pour la demi-circonférence ABC, on doit faire $\psi = \pi$, et il vient

$$M = \frac{aii'}{2}\left[E(k) - F(k)\right].$$

Tel est le moment du couple qui tend à faire tourner le demi-conducteur ABC autour du point O. Le couple qu'exerce le courant ABC sur le courant KO est égal et de sens contraire; de plus, on reconnaît sans peine que l'action du demi-cercle CDA est égale et de même sens. Enfin, si l'on considère, comme dans l'expérience décrite par Jamin, un second conducteur rectiligne K'O égal au premier, symétriquement placé par rapport au centre O, le courant marchant dans le sens K'O, on verra que le couple exercé par le courant circulaire ABCD sur K'O est encore égal à $-2M$. On trouve donc, pour le moment de l'action totale du conducteur ABCD sur le système KO, K'O mobile autour du point O,

$$-4M = -2aii'\left[E(k) - F(k)\right].$$

En développant en série, on obtient pour ce moment la valeur suivante :

$$-2\pi aii'k^2\left[\frac{1}{2}+\left(\frac{1}{2}\right)^2\frac{3k^2}{4}+\left(\frac{1.3}{2.4}\right)^2\frac{5k^2}{6}+\cdots\cdots\right],$$

et si l'on suppose le rapport

$$k=\frac{l}{a}$$

assez petit, on a approximativement

$$M=-\pi aii'k^2.$$

Le couple accélérateur est donc sensiblement proportionnel au carré du rapport de la longueur du courant rectiligne au rayon du courant circulaire.

Il résulte de là, comme l'expérience le confirme, une rotation du système KO, K'O, qui va en s'accélérant rapidement.

SUR
LES NOMBRES DE BERNOULLI
ET
SUR QUELQUES FONCTIONS QUI S'Y RATTACHENT ;

PAR

M. C. LE PAIGE,

DOCTEUR EN SCIENCES PHYSIQUES ET MATHÉMATIQUES.

Nous avons publié dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, et plus récemment dans les *Bulletins de l'Académie royale de Belgique* (*), deux relations qui semblaient ne pas avoir été remarquées entre les nombres de Bernoulli. En démontrant la première par des considérations tirées du calcul intégral, nous disions cependant y avoir été conduit par l'étude des produits p à p des m premiers nombres naturels.

Dans une note intéressante insérée aux *Comptes rendus* (**), M. Édouard Lucas arrive par un procédé symbolique qu'il a employé avec le plus grand succès dans de nombreuses questions d'analyse, à des résultats d'une grande généralité sur les relations qui existent entre les nombres de Bernoulli. Il montre que notre seconde formule peut se déduire, d'une manière fort simple, de ses relations.

Nous étions depuis longtemps en possession de résultats analogues que nous avait donnés la méthode citée plus haut et que nous nous proposons d'exposer dans ce petit Mémoire.

(*) *Comptes rendus*, t LXXXI, p. 966; *Bulletins de l'Académie royale de Belgique*, t. XLI, p. 1017.

(**) *Comptes rendus*, t. LXXXIII, p. 540.

I. Appelons $f(m, p)$ la somme des produits p à p des m premiers nombres naturels.

Un procédé identique à celui que l'on emploie pour déterminer le nombre des arrangements de m lettres, montre que ces sommes satisfont à l'équation aux différences :

$$f(m,p) = f(m-1,p) + mf(m-1,p-1) \quad . \quad . \quad (1)$$

$f(m,p)$ s'annule évidemment pour $m=0$. Donc $f(m,p)$ est divisible par m.

De l'équation (1) on tire :

$$f(m-1,p-1) \equiv 0 \ (\text{mod. } m);$$

ou, ce qui est la même chose,

$$f(m,p) \equiv 0 \ (\text{mod. } m+1).$$

L'équation (1) nous permet également d'écrire :

$$f(m,p) \equiv 0 \ (\text{mod. } m-1),$$
$$f(m,p) \equiv 0 \ (\text{mod. } m-2),$$
$$\cdots\cdots\cdots\cdots$$
$$f(m,p) \equiv 0 \ (\text{mod. } m-p+1).$$

On peut donc écrire :

$$f(m,p) = (m+1)\,m\,(m-1)(m-2)\ldots(m-p+1)\,\varphi(m,p), \quad (2)$$

$\varphi(m,p)$ désignant une nouvelle fonction de m et de p.

Ces nouvelles fonctions satisfont à l'équation aux différences

$$(m+1)\,\varphi(m,p) = (m-p)\,\varphi(m-1,p) + m\varphi(m-1,p-1). \quad (3)$$

II. Si nous considérons le produit

$$(x+1)(x+2)\ldots(x+m) = x^m + f(m,1)\,x^{m-1}$$
$$+ f(m,2)\,x^{m-2} + \cdots + f(m,m),$$

la théorie des fonctions symétriques des racines nous fournit immédiatement la relation

$$pf(m, p) = \pm \left[S_p - S_{p-1} f(m, 1) + S_{p-2} f(m, 2) \cdots \pm S_1 f(m, p-1)\right],$$

où S_p désigne la somme des puissances p^{mes} des m premiers nombres naturels.

Chacune des sommes S_p s'annule pour $m = 0$; il en est de même de $f(m, q)$. Donc $S_q\, f(m, p-q)$ est divisible par m^2. Le premier terme S_p contient seul m à la première puissance.

D'après la définition de Lacroix, le coefficient de m est le $(p-1)^{me}$ nombre de Bernoulli.

Donc

$$f(0, p) = \pm \frac{B_{p-1}}{p} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

Cette relation jointe à (2) montre que

$$\varphi(0, p) = \pm \frac{B_{p-1}}{1.2.3\ldots p}.$$

Nous voyons immédiatement, au moyen de l'équation (3), que l'on peut, pour une valeur quelconque de m, représenter $\varphi(m, p)$ par une fonction linéaire des nombres de Bernoulli.

Les fonctions $\varphi(m, p)$ se rattachent d'une façon évidente à ces nombres et toutes les relations qui existent entre ces fonctions en donnent d'analogues entre les nombres de Bernoulli.

III. $f(m, 1) = \frac{m.\overline{m+1}}{1.2}$. Donc $\varphi(m, 1) = \frac{1}{2}$; la relation (3) nous conduit à poser $\varphi(m, 0) = \frac{1}{m+1}$.

Nous trouvons ensuite les valeurs :

$$\varphi(m, 2) = \frac{3m + 2}{24};$$

$$\varphi(m, 3) = \frac{m.\overline{m+1}}{48};$$

$$\varphi(m, 4) = \frac{15m^3 + 15m^2 - 10m - 8}{2^3.1.2.3.4.5.6};$$

$$\varphi(m, 5) = \frac{(m+1)\, m\, (3m^2 - m - 6)}{2^4.1.2.3.4.5.6}.$$

On voit que $\varphi\,(m,\,3)$ et $\varphi\,(m,\,5)$ sont divisibles par m et $m+1$. Cette propriété est générale pour $\varphi\,(m,\,2p+1)$.

En effet, $\varphi\,(0,\,2p+1) = -\frac{B_{2p}}{1.2.3\ldots 2p+1} = 0$, puisque les nombres de Bernoulli à indices pairs sont nuls.

Dans l'équation (3), posons $m = 0$; et $p = 2p' + 1$.

Nous trouvons

$$\varphi\,(0,\,2p'+1) = -(2p'+1)\,\varphi\,(-1,\,2p'+1) = 0.$$

Donc en général $\varphi\,(m,\,2p+1)$ est divisible par $m+1$.

IV. Considérons le produit

$$P = (x+1)(x+2)\ldots(x+m) = x^m + f(m,1)\,x^{m-1} + \cdots + f(m,m).$$

En faisant $x + 1 = z$, on trouve :

$$P = z^m + f(m-1,\,1)\,z^{m-1} + \cdots + f(m-1,\,m-1).$$

En remplaçant z par $x+1$ et développant les puissances de $x+1$, puis identifiant les coefficients de x^p dans les deux développements de P en ayant égard à l'équation (2) on est conduit à la relation

$$\left.\begin{array}{l} pf(m,p) = C_{m-p+2,\,m-p}\,f(m,\,p-1) + \cdots \\ + C_{q,\,m-p}\,f(m,\,m-q+1) + \cdots + C_{m+1,\,m-p} \end{array}\right\} \;.\;.\quad (5)$$

En y remplaçant les $f(m,\,p)$ par les fonctions $\varphi\,(m,\,p)$, cette équation devient :

$$p\varphi\,(m,p) = \sum_0^{p-1} \frac{m-q+1}{1.2.3\ldots p-q+1}\,\varphi(m,\,q). \quad .\;.\;.\quad (6)$$

V. Tout le monde connaît l'expression en série de $\frac{x}{e^x-1}$.

C'est au moyen de ce développement que Cauchy a trouvé les relations employées ordinairement pour le calcul des nombres de Bernoulli.

M. Laurent a donné une formule beaucoup plus générale pour

le développement de $\left(\frac{x}{e^x-1}\right)^m$ (*). Il est aisé de voir qu'avec notre notation, cette formule peut s'écrire :

$$\left(\frac{x}{e^x-1}\right)^m = m\left[\varphi(m-1,0) - x\varphi(m-1,1) + x^2\varphi(m-1,2) - \cdots\right] \quad (7)$$

Nous ne donnerons pas de démonstration générale de cette formule : il suffit d'observer que pour la démontrer dans le cas où m est entier, nous n'aurons qu'à différentier les deux membres de (7). Remarquant ensuite que

$$\left[\left(\frac{x}{e^x-1}\right)^m\right]' = \left(\frac{m}{x} - m\right)\left(\frac{x}{e^x-1}\right)^m - \frac{m}{x}\left(\frac{x}{e^x-1}\right)^{m+1};$$

puis identifiant les coefficients des deux développements de

$$\left[\left(\frac{x}{e^x-1}\right)^m\right]',$$

on retombe sur la relation (5).

Donc si l'égalité (7) est vérifiée pour $m = m$, elle le sera pour $m = m + 1$. Mais dans le cas où $m = 1$, nous retrouvons la formule de Cauchy.

Par un procédé souvent employé, nous voyons sans peine que la formule (7) nous donne les égalités :

$$\frac{m+n}{mn}\varphi(m+n-1,p) = \sum \varphi(m-1,q)\,\varphi(n-1,s), \quad (8)$$

où $q + s = p$.

$$\left.\begin{array}{l} \dfrac{m+n+o}{mno}\varphi(m+n+o-1,p) \\ = \sum \varphi(m-1,q)\,\varphi(n-1,r)\,\varphi(o-1,s) \\ q+r+s=p \end{array}\right\} \quad (9)$$

(*) LAURENT, *Nouv. Ann. de Mathématiques*, Août 1875, t. XIV, p. 355.

et en général :

$$\left.\begin{aligned}&\frac{m+n+\cdots+k}{mn\ldots k}\varphi(m+n+\cdots+k-1,p)\\&=\sum\varphi(m-1,q)\,\varphi(n-1,r)\ldots\varphi(k-1,s)\\&q+r+\cdots+s=p.\end{aligned}\right\}\quad(10)$$

VI. On sait qu'Abel exprime $\left(\frac{1}{e^x-1}\right)^m$ au moyen des différentielles successives de $\frac{1}{e^x-1}$ (*).

Il trouve

$$\left(\frac{1}{e^x-1}\right)^m=(-1)^{m-1}\left[A_{0,n}\,p+A_{1,n}\frac{dp}{dx}+\cdots+A_{n-1,n}\frac{d^{n-1}p}{dx^{n-1}}\right].$$

Dans cette égalité p représente $\frac{1}{e^x-1}$.

Les coefficients $A_{p,r}$ sont liés par l'équation aux différences

$$A_{p,n}-A_{p,n-1}=\frac{1}{n-1}A_{p-1,n-1},$$

avec les conditions initiales

$$A_{n-1,n-1}=0,\quad A_{-1,n}=0.$$

En comparant cette expression avec celle que M. Laurent a proposée, on trouve pour $\varphi(m,q)$ les expressions suivantes:

Si q est moindre que m,

$$m\varphi(m-1,q)=1.2.3\ldots m-q-1.A_{m-q-1,m}.\quad .\quad(11)$$

Si q est plus grand que m et égal, par exemple, à $m+p$, on a

$$\left.\begin{aligned}&\pm\varphi(m-1,q)=(-1)^{m-1}\Big[A_{0,m}\frac{B_p}{1.2.3\ldots p+1}\\&+(p+1)A_{1,m}\frac{B_{p+1}}{1.2.3\ldots p+2}+(p+1)(p+2)\ldots\\&(p+m-1)A_{m-1,m}\frac{B_{p+m-1}}{1.2.3\ldots p+m}\Big]\end{aligned}\right\}\quad.\quad(12)$$

(*) ABEL, *Œuvres compl.*, t. II, p. 46.

On prend le signe + pour q pair.

Nous voyons que cette expression nous donne :

$$\varphi(0, 2p+1) = 0, \quad \varphi(0, 2p) = \frac{B_{2p-1}}{1.2.3 \ldots 2p},$$

comme nous l'avons vu plus haut.

VII. Les relations que nous venons d'obtenir en fournissent d'analogues entre les nombres de Bernoulli.

Si, dans l'équation (6), nous faisons $m=0$, $p=2p$, nous trouvons :

$$\left.\begin{array}{l} B_{2p-1} + \dfrac{2p-3.2p-1}{1.2.3} B_{2p-3} \\ \quad + \dfrac{2p-5.2p-3.2p-2.2p-1}{1.2.3.4.5} B_{2p-5} + \cdots \\ \quad + \dfrac{B_1}{1.2} = \dfrac{1}{2p.2p+1}. \end{array}\right\} \quad . \; . \; (13)$$

C'est la relation donnée dans les *Comptes rendus*.

Si nous faisons $m=1$, nous obtenons l'égalité suivante :

$$\left.\begin{array}{l} -2p(2p-1)\dfrac{B_{2p-1}}{1.2.3 \ldots 2p} = \dfrac{2p+3}{1.2.3 \ldots 2p+1} - \dfrac{1}{1.2.3 \ldots 2p-2}\dfrac{B_1}{1.2} \\ - \dfrac{5(2p-5)}{1.2.3 \ldots 2p-3}\dfrac{B_3}{1.2.3.4} - \cdots + \dfrac{(2p-7)(2p-5)}{1.2.3}\dfrac{B_{2p-3}}{1.2.3 \ldots 2p-2} \end{array}\right\} (14)$$

On pourrait en trouver de la sorte autant que l'on voudrait.

Ces relations ne présentent cependant aucun avantage sur celles que l'on emploie d'ordinaire.

En posant $m=n=1$; $p=2p$, l'équation (8) nous donne la relation :

$$(2q+1)B_{2q-1} + \frac{2q.2q-1}{1.2} B_{2q-3}B_1 + \cdots + \frac{2q.2q-1}{1.2} B_1 B_{2q-3} = 0. \quad (15)$$

C'est la relation que nous avons donnée dans les *Bulletins de l'Académie de Belgique.*

Outre l'usage que l'on en peut faire pour la détermination d'intégrales définies nouvelles, ainsi que l'a montré M. Catalan dans un mémoire encore inédit (*), on voit qu'elle présente, pour le calcul des nombres de Bernoulli, l'avantage de n'exiger que des additions.

Comme l'on peut toujours exprimer $\varphi(m, p)$ en fonction linéaire des nombres de Bernoulli, ainsi que le montre l'équation (3) et aussi l'expression que nous avons déduite de la formule d'Abel, il est évident que l'on peut au moyen des relations (9) et (10) exprimer les sommes des produits 3 à 3, 4 à 4, n à n des nombres de Bernoulli en fonction linéaire de ces mêmes nombres.

(*) Voir le rapport de M. Liagre sur les Notes d'algèbre et d'analyse de M. Catalan (*Bull. de l'Acad. roy. de Belgique,* t. XLI, p. 943).

NOTE

SUR

CERTAINES ÉQUATIONS DIFFÉRENTIELLES ;

PAR

M. C. LE PAIGE,

DOCTEUR EN SCIENCES PHYSIQUES ET MATHÉMATIQUES.

I. Théorème. L'équation

$$x^{m-1}\frac{d^m y}{dx^m} + a_1 x^{m-2}\frac{d^{m-1}y}{dx^{m-1}} + a_2 x^{m-3}\frac{d^{m-2}y}{dx^{m-2}} + \cdots + a_{m-1}\frac{dy}{dx} - y = 0. \quad (1)$$

est intégrable pour des valeurs de $a_1, a_2, a_3, \ldots a_{m-1}$ données par le système d'équations :

$$(A)\left\{\begin{array}{l} A_{m,2} - m\,.\,a_1 A_{m-1,1} = 0 \\ A_{m,3} - m\,.\,a_1 A_{m-1,2} + m^2 a_2 A_{m-2,1} = 0 \\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\ A_{m,m} - m\,.\,a_1 A_{m-1,m-1} + m^2 a_2 A_{m-2,m-2} - \cdots \pm m^{m-1} a_{m-1} A_{1,1} = 0. \end{array}\right.$$

Les quantités $A_{p,q}$ sont liées par l'équation aux différences :

$$A_{p,q} = A_{p-1,q} + \left[(p-1)(m-1) + q - 2\right] A_{p-1,q-1},$$

avec les conditions initiales

$$A_{0,1} = 1\,; \quad A_{p,1} = 1.$$

L'équation (1) est encore intégrable pour les valeurs :

$$a'_1 = a_1 + p(m-1),$$

$$a'_2 = a_2 + p(m-2)a_1 + \frac{p.p-1}{1.2}(m-2)(m-1),$$

$$a'_3 = a_3 + p(m-3)a_2 + \frac{p.p-1}{1.2}(m-3)(m-2)a_1$$
$$+ \frac{p.p-1.p-2}{1.2.3}(m-3)(m-2)(m-1),$$

et ainsi de suite.

p désigne un nombre entier positif ou négatif.

Pour le premier système de valeurs, l'intégrale générale est

$$y = \sum_{k=1}^{k=m} \mathrm{P}_k e^{m\alpha_k x^{\frac{1}{m}}}.$$

Pour le second système,

1° Si p est positif :

$$y = \sum_{k=1}^{k=m} \frac{\mathrm{P}_k e^{m\alpha_k x^{\frac{1}{m}}}}{(m^{m-1})^p} \sum_{q=1}^{q=(m-1)p+1} (-1)^{q-1} \mathrm{B}_{p,q} \left(m\alpha_k x^{\frac{1}{m}}\right)^{(m-2)p-q+1};$$

les quantités $\mathrm{B}_{p,q}$ sont liées par l'équation aux différences

$$\mathrm{B}_{p,q} = \mathrm{B}_{p-1,q} + \left[(m-1)p - q + 2\right] \mathrm{B}_{p,q-1},$$

avec les conditions initiales

$$\mathrm{B}_{o,1} = 1; \quad \mathrm{B}_{p,1} = 1.$$

2° Si p est négatif :

$$y = \sum_{k=1}^{k=m} \mathrm{P}_k e^{m\alpha_k x^{\frac{1}{m}}} \sum_{q=1}^{q=(m-1)p} (-1)^{q-1} \frac{\mathrm{A}_{p,q}}{m^{q-1}} \alpha^{p-q+1} \left(x^{\frac{p(1-m)-q-1}{m}}\right).$$

α_k désigne une racine de l'équation $z^m - 1 = 0$.

La démonstration de ce théorème n'offre aucune difficulté. Il suffit de vérifier que l'intégrale particulière $e^{m\alpha_k x^{\frac{1}{m}}}$ satisfait à l'équation (1) pour le premier système de valeurs des coefficients,

et de remarquer qu'en différentiant le premier membre de (1) plusieurs fois de suite, on retrouve des équations de la même forme.

C'est le procédé que nous avons employé dans le cas particulier où $m = 2$ (*).

Malgré sa forme particulière, l'équation (1) renferme un grand nombre d'équations différentielles remarquables : nous allons le montrer dans le cas de $m = 2$.

Dans un important mémoire inséré aux *Philosophical Transactions*, M. Hargreave (**) étudie les équations différentielles linéaires et recherche les cas d'intégrabilité au moyen des formules symboliques de différentiation et d'intégration.

Les équations linéaires du second ordre sont traitées spécialement dans ce mémoire.

M. Moutard a récemment montré (***) que l'équation de M. Hargreave se ramène aisément à la célèbre équation du second ordre :

$$\frac{1}{y}\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{n(n+1)}{x^2} + h^2.$$

Cette équation, comme l'on sait, se rencontre dans la théorie de la chaleur.

Duhamel la transforme en celle-ci :

$$xy'' + \frac{2n+5}{2}y' + y = 0 \text{ (****)}.$$

Cette équation n'est autre que l'équation (1) où l'on change x en $-x$.

(*) *Bull. de l'Acad. roy. de Belg.*, t. XLI, p. 1017.

(**) *On the solutions of linear differential Equations,* by Ch.-J. Hargreave, 1848, p. 31.

(***) COMPTES RENDUS, *Note sur les équations différentielles linéaires du second ordre*, t. LXXX, p. 729.

(****) *Journ. de l'École pol.,* 22me cahier, p. 40. Nous avons déjà fait remarquer ces analogies à propos d'une note de M. Glaisher. (*Nouv. Corr. Math. de M. Catalan,* t. II, p. 279.)

Le théorème que nous avons énoncé en tête de cette note montre que pour $m = 2$, l'équation (1) est intégrable lorsque $a_1 = \frac{1}{2}$ et $a'_1 = \frac{1}{2} \pm p$.

Nous avons démontré d'ailleurs que ce sont les seuls cas d'intégrabilité.

Il serait intéressant de savoir s'il existe une propriété analogue pour d'autres valeurs de m.

II. La forme remarquable de l'intégrale générale de l'équation (1), dans le cas où les paramètres $a_1, a_2, \dots a_{m-1}$ sont déterminés par le système (A), nous conduit à un changement de variable qui réduit l'équation (1) à une forme excessivement simple.

Si nous posons $mx^{\frac{1}{m}} = t$, nous voyons immédiatement que cette intégrale générale prend la forme :

$$y = \sum_{k=1}^{k=m} \mathrm{P}_k e^{\alpha_k t}.$$

Cette intégrale est celle de l'équation

$$\frac{d^m y}{dt^m} - y = 0.$$

Par ce changement de variable, c'est donc à cette forme que nous ramènerons l'équation (1).

Cette transformation, pour le cas de $m = 2$, a été employée par M. H. Brocard (*).

III. Outre les cas d'intégrabilité dont nous venons de parler, l'équation (1) peut souvent être ramenée à un degré inférieur.

Supposons que $m = 3$.

Si nous traitons l'équation

$$x^2 y''' + a_1 x y'' + a_2 y' - y = 0, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

(*) *Nouv. Corr. Math. de M. Catalan,* t. II, p. 283.

par la méthode de Brisson, nous sommes conduits à la transformée

$$x^2v'' + v'(a_1x + 3vx^2) + x^2v^3 + a_1xv^2 + a_2v - 1 = 0. \quad (3)\ (^*)$$

Le premier membre de cette équation peut s'écrire :

$$x^2(v'' + 2vv') + a_1x(v' + v^2) + v(v' + v^2)x^2 + a_2v - 1 = 0.$$

Supposons, pour un instant, que la somme des deux premiers termes soit nulle (**).

Nous aurons l'équation auxiliaire

$$\frac{v'' + 2vv'}{v' + v^2} = -\frac{a_1}{x} \quad \dots\dots \quad (4)$$

Elle donne comme intégrale première

$$v' + v^2 = \frac{C}{x^{a_1}} \quad \dots\dots \quad (5)$$

Nous sommes ramenés à l'équation de Riccati.

Toutes les fois que cette équation sera intégrable sous forme finie, explicite, nous aurons pour v une fonction de x et de C. Considérant C comme une variable, l'équation (3) sera ramenée à une équation de premier ordre.

La même méthode appliquée à l'équation (1), lorsque $m = 4$, nous conduit à une transformée qui peut s'écrire :

$$\left.\begin{aligned} x^3(u''' - 3uu'' - 3u'^2 + 3u^2u') + a_1x^2(u'' - 3uu' + u^3) \\ - uu''x^3 + a_2x(u' - u^2) + a_3u - 1 = 0 \end{aligned}\right\} \quad \dots \quad (6)$$

Si nous supposons, comme nous venons de le faire, que la somme des deux premiers termes s'annule, nous trouvons :

$$\frac{u''' - 3uu'' - 3u'^2 + 3u^2u'}{u'' - 3uu' + u^3} = -\frac{a_1}{x} \quad \dots\dots \quad (7)$$

(*) P. Mansion, *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique,* t. XXXVIII.

(**) M. Catalan a employé ce moyen pour réduire, plus simplement que nous ne l'avions fait, l'équation $xy'' + ky' - y = 0$, à l'équation de Riccati (*Bull. de l'Acad. roy. de Belg.,* t. XLI, p. 937).

et comme intégrale première de (7)

$$u'' - 3uu' + u^3 = \frac{C}{x^{a_1}} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (8)$$

Lorsque cette équation est intégrable sous forme finie, on peut, au moyen du principe de la variation des constantes arbitraires, ramener l'équation (6) au second ordre.

Les équations (5) et (8) ont la forme :

$$\frac{d^{m-2}u}{dx^{m-2}} + k_1 u \frac{d^{m-3}u}{dx^{m-3}} + \cdots + u^{m-1} = \frac{C}{x^{a_1}} \quad . \; . \; . \quad (9)$$

Lorsque ces équations sont intégrables, l'on peut abaisser de deux degrés, le degré de l'équation (1), sauf le cas où $m=2$.

L'équation auxiliaire est, alors,

$$u = \frac{C}{x^{a_1}};$$

mais on voit aisément qu'il y a toujours un terme en C′.

IV. Grâce à un changement fort simple de variable, les équations auxiliaires de la forme (9) prennent, au moins pour les valeurs de $m = 2, 3, 4$, une forme remarquable.

Pour $m = 2$, l'équation auxiliaire est :

$$u = \frac{C}{x^{a_1}};$$

en posant

$$u = \frac{1}{y} \cdot \frac{dy}{dx},$$

nous donnons à cette équation la forme :

$$x^{a_1} \frac{dy}{dx} - Cy = 0. \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (10)$$

L'équation (5) prend, par la même transformation, une forme identique : en effet, faisons

$$v = \frac{1}{y} \frac{dy}{dx};$$

nous en déduisons sans peine

$$x^{a_1}\frac{d^2y}{dx^2}-Cy=0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (11)$$

C'est d'ailleurs la transformation appliquée par Euler à l'équation de Riccati.

L'équation

$$u''-3uu'+u^3=\frac{C}{x^{a_1}}$$

se transforme de même.

Si nous posons

$$u=-\frac{1}{y}\cdot\frac{dy}{dx},$$

nous trouvons qu'elle se ramène à

$$x^{a_1}\frac{d^3y}{dx^3}+Cy=0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (12)$$

Si $a_1=0$, ces équations auxiliaires sont immédiatement intégrables. Elles ne sont autres que l'équation (1) elle-même pour les valeurs des constantes déterminées par le système (A).

V. Nous savons que la sommation de la série dont Legendre se sert pour démontrer l'irrationnalité du nombre π dépend de l'intégration de l'équation du second ordre $xy''+\frac{1}{2}y'-y=0$ (*).

Il n'est pas difficile de voir que dans le cas où $m=3$, la série analogue à celle de Legendre est la suivante :

$$z=1+\frac{cx}{1.b}+\frac{c^2x^2}{1.2.b(b+a)}+\frac{c^3x^3}{1.2.3.b(b+a)(b+2a+2c)}$$
$$+\frac{c^4x^4}{1.2.3.4.b(b+a)(b+2a+2c)(b+3a+6c)}+\cdots$$

(*) Voir le rapport de M. Liagre sur les Notes d'algèbre et d'analyse de M. Catalan (*Bull. de l'Acad. roy. de Belg.*, t. XLI, p. 933).

Le théorème que nous avons énoncé permet de trouver la somme de cette série chaque fois que l'équation (1) est intégrable.

On pourrrait sans peine former les séries qui correspondent aux valeurs $4, 5$, etc., de m.

Legendre a montré également que les valeurs de la série sont liées par l'équation aux différences

$$\varphi(k) - \varphi(k+1) = \frac{a}{k(k+1)} \varphi(k+2).$$

Dans le cas qui nous occupe, l'équation correspondante sera

$$\varphi(b, a, c) = \varphi(b+a, a+2c, c) + \frac{a.cx}{b.(b+a)} \varphi(b+2a+2c, a+4c, c)$$
$$+ \frac{c.c^2x^2}{b.(b+a)(b+2a+2c)} \varphi(b+3a+6c, a+6c, c).$$

On peut donc trouver l'intégrale de cette équation aux différences finies, dans tous les cas où l'équation (1) est intégrable.

VI. Tout ce que nous venons de dire de l'équation (1) s'appliquerait sans peine à cette même équation où l'on changerait le signe du dernier terme.

Les exponentielles seraient remplacées par des lignes trigonométriques.

L'ACTION MÉCANIQUE DE LA LUMIÈRE.

PRÉSENTÉ A LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES

le 27 juillet 1876,

PAR

le R. P. CARBONNELLE et M. Ém. GHYSENS.

1. L'importance des nouveaux phénomènes lumineux découverts par M. Crookes est aujourd'hui reconnue de tous les physiciens. Le *radiomètre*, en se répandant partout, contribue puissamment à vulgariser ces faits inattendus; et les journaux scientifiques nous signalent de nombreuses tentatives d'explication.

Plusieurs de ces tentatives semblent avoir pour objet de diminuer l'étrangeté des phénomènes; elles essayent de n'y voir que des alternatives de condensation et de raréfaction gazeuses. Nous ne croyons pas devoir ici les examiner. Il paraît évident que leurs auteurs n'ont songé qu'au seul radiomètre; ils n'ont pas vu que les autres expériences décrites par M. Crookes résistent à cette explication. D'ailleurs, la manière dont le radiomètre lui-même se conduit au centre d'une couronne de bougies, ou dans un manchon parcouru par un courant de vapeur d'eau, ou encore dans une enceinte quelconque lorsqu'on l'y laisse refroidir après l'avoir chauffé, nous semble une réfutation péremptoire de ces explications.

Nous regardons comme suffisamment établi que le rayonnement lumineux, visible ou invisible, exerce sur la matière pondérable une véritable pression qui varie avec la constitution superficielle de cette matière; et c'est de ce fait que nous essayons de donner une explication. (*Voir la note à la fin de ce mémoire.*)

Cette explication n'introduit aucune hypothèse dans la théorie des ondulations. Elle mène à des vérifications expérimentales qui constitueraient, croyons-nous, des faits nouveaux dans la science.

2. Avant de l'exposer, il peut être utile de faire une remarque sur la théorie de l'émission.

Cette théorie, aujourd'hui complétement abandonnée, semble, à première vue, rendre compte avec une extrême simplicité de l'action mécanique de la lumière. Le radiomètre tournerait dans le torrent rapide des molécules lumineuses comme l'anémomètre de Robinson tourne sous l'action du vent, parce que ses faces blanches et noires, semblables aux surfaces convexes et concaves de l'anémomètre, absorbent inégalement la force vive des particules qui les frappent. Si le radiomètre eût été inventé cinquante ans plus tôt, il aurait prêté à l'*émission* un appui qui peut-être serait devenu un sérieux obstacle pour la théorie des *ondulations;* il aurait peut-être empêché ou retardé les grands progrès que cette belle théorie a fait faire à la physique. Aujourd'hui ce danger n'existe plus; mais il est encore bon de remarquer que le nouvel instrument fournit lui-même un argument décisif qui renverse la théorie de l'émission.

L'expérience a montré, en effet, qu'une lumière verticale, c'est-à-dire une lumière qui rase les ailettes, est suffisante pour les mettre en mouvement. Or on entrevoit bien que ce fait peut n'avoir rien d'extraordinaire dans la théorie des ondulations qui admet des vibrations transversales au rayon; mais il est évident qu'il contredit absolument la théorie de l'émission; car l'action mécanique des rayons sur un plan doit, dans cette théorie, renfermer en facteur le cosinus de l'inclinaison, cosinus qui s'annule pour une lumière rasante.

Nous avons nous-mêmes répété cette expérience, au moyen d'un pinceau de lumière solaire introduit dans la chambre obscure et réfléchi, tantôt horizontalement, tantôt verticalement, sur le radiomètre. La vitesse dans le second cas était cinq ou six fois plus petite que dans le premier; mais elle était encore très-grande; et il nous a paru tout à fait impossible de l'attribuer, soit à une légère inclinaison des ailettes, soit à la faible lumière diffusée par la boule de verre.

3. La théorie de l'émission doit donc être rejetée. Mais d'un autre côté il semble que la théorie rivale, avec ses mouvements vibratoires, c'est-à-dire alternatifs, égaux dans les deux sens, doit être absolument incapable d'expliquer cette pression sur la surface des corps pondérables. Il n'est pas permis, en effet, de procéder ici comme dans l'explication thermodynamique de la pression des gaz. Dans les gaz la pression est indépendante de la nature de la paroi; le radiomètre montre qu'il en est tout autrement dans le cas des oscillations de l'éther. Dans les gaz les excursions rectilignes des molécules sont beaucoup plus longues, en étendue et en durée, que les petites trajectoires curvilignes de leurs chocs mutuels; dans l'éther, au contraire, toutes les explications données des phénomènes connus nous conduisent à admettre que les déplacements vibratoires sont toujours très-petits relativement aux distances qui séparent les molécules; par suite, rien qui ressemble aux chocs des molécules gazeuses.

Nous croyons que le principe fondamental de l'explication se trouve dans le théorème suivant.

Quand un point, attirant ou repoussant, oscille autour d'une position moyenne, son action moyenne sur un point voisin peut différer très-notablement de l'action qu'il exercerait en restant immobile à la position moyenne.

La différence de ces deux actions dépend de la loi suivant laquelle se fait l'attraction ou la répulsion; mais elle existe, et elle peut être considérable, avec bien des lois diverses. On peut aisément la rendre visible dans l'expérience pour la loi newtonienne du carré des distances.

Posons verticalement un barreau aimanté, et dans le plan horizontal qui passe par son pôle supérieur rapprochons-en le pôle de même nom d'une boussole. Celui-ci sera repoussé et s'arrêtera bientôt à une position d'équilibre que l'on notera. Déplaçons ensuite l'aimant vertical, et au moyen d'une corde sans fin enroulée sur deux roues horizontales, faisons-le tourner rapidement sur un cylindre droit dont l'axe est précisément la ligne verticale qu'il occupait d'abord. Par ce mouvement, le pôle supérieur décrit un cercle autour de sa position primitive qui est maintenant sa position moyenne. Si la vitesse de cette rotation est suffisante, l'aiguille de la boussole prend alors une nouvelle position d'équilibre qui diffère notablement de l'ancienne. Ce fait prouve que l'action moyenne répulsive est notablement augmentée et, par suite, qu'elle diffère notablement de l'action exercée au repos dans la position moyenne.

Cette expérience, que nous avons faite bien qu'elle ne fût pas nécessaire, est très-facile à réaliser. Elle a l'avantage de montrer aux yeux un fait qui est la base indispensable de notre théorie.

Du reste, pour se rendre raison de ce fait il n'est pas nécessaire de calculer exactement la valeur de l'action moyenne, ce qui exige l'emploi du calcul intégral. Il suffit de comparer entre elles deux positions symétriques de l'aimant tournant. On voit immédiatement que le gain dû au rapprochement dans l'une est plus fort que la perte due à l'éloignement dans l'autre.

Considérons, par exemple, sur une ligne droite les quatre points A′——O——A——B A′, O, A, B; et supposons que les trois segments A′O, OA, AB soient égaux. La position O sera la moyenne des deux positions A et A′. Si nous représentons par l'unité l'action exercée de la position O sur le point B, il faudra représenter respectivement par 4 et par $\frac{4}{9}$ les actions correspondantes aux positions A et A′. Or la moyenne de 4 et $\frac{4}{9}$ est $\frac{20}{9}$, c'est-à-dire plus que le double de l'action correspondante à la position moyenne O.

Prenons un second exemple analogue, en supposant des oscillations beaucoup plus petites relativement à la distance OB; car la théorie reçue de l'éther ne permet pas d'admettre que les vibra-

tions de ce fluide aillent jusqu'à diminuer de moitié les distances de ses molécules.

Supposons que OA et OA′ ne soient que le dixième de OB. Si l'on avait, ici encore, la loi du carré des distances, la différence ne serait pas à beaucoup près aussi forte; elle deviendrait même presque insensible. Mais, quoique nous ne connaissions pas exactement la loi d'action des molécules éthérées, les phénomènes lumineux nous conduisent à regarder comme suffisamment approchée, une répulsion inversement proportionnelle à la sixième puissance de la distance. En adoptant cette loi, un simple calcul numérique nous montre que la moyenne entre les répulsions exercées en A et en A′, malgré la faible valeur d'un dixième attribuée aux écarts OA, OA′, est encore de plus d'un cinquième supérieure à celle qui correspond à la position moyenne O. Ici encore on gagne plus par l'écart OA qu'on ne perd par l'écart OA′.

Nous ne pousserons pas plus loin ces faciles calculs, parce que nous donnons à la fin de cette Note une théorie mathématique qui, sans avoir la prétention d'être complète, renferme cependant les traits essentiels les plus importants de notre explication, et dont les formules sont aisément calculables en nombres. Ce que nous avons dit jusqu'ici suffit pour mettre en lumière le sens et la justification de notre principe fondamental.

4. Pour appliquer ce principe aux phénomènes qui nous occupent, nous devons y joindre d'autres propositions relatives à la manière dont l'éther se conduit dans le vide et dans les corps pondérables. Mais pour bien montrer que nous n'introduisons aucune hypothèse nouvelle, rappelons d'abord en quelques mots ce que les géomètres ont conclu de l'analyse des phénomènes lumineux.

Les mouvements vibratoires de l'éther ne s'expliquent pas comme les vibrations sonores de l'air et des autres milieux pondérables. Dans la théorie du son, on traite le milieu comme une matière continue; et les seules forces qu'il faille y reconnaître sont les pressions variables qui s'exercent au contact entre des éléments contigus. Dans l'éther, au contraire, on admet des molé-

cules ou, si l'on veut, des atomes isolés les uns des autres, qui non-seulement n'arrivent jamais au contact, mais dont les écarts vibratoires sont fort petits relativement à leurs distances mutuelles. Entre ces molécules il faut admettre une force répulsive, fonction de la distance. Elles ne sont pas distribuées de la même façon dans le vide et dans les divers corps pondérables. La densité de l'éther varie d'un corps à l'autre. L'éther intérieur d'un corps pondérable entre toujours en vibration quand les ondulations de l'éther extérieur arrivent à sa surface ; même quand le corps n'est pas transparent, il faut admettre qu'au moins la couche superficielle de son éther est ébranlée par ces ondulations. Les vibrations de l'éther intérieur ne sont pas les mêmes que les vibrations excitatrices du dehors ; et deux corps de nature différente offriront, pour une même excitation extérieure, deux états vibratoires différents.

Cela posé, pour appliquer le principe fondamental énoncé plus haut, nous avons recherché ce que devient la force répulsive que l'éther extérieur exerce sur l'éther superficiel d'un corps pondérable, quand les deux éthers entrent en vibration. Tel est l'objet des formules qui terminent cette Note. Nous en indiquerons ici les principaux résultats.

Nous trouvons qu'avec la *lumière naturelle* il y a toujours augmentation de force répulsive, c'est-à-dire de pression, et que cette augmentation est d'autant plus grande que la lumière est plus intense. Pour arriver à ce résultat nous n'avons admis aucun rapport hypothétique entre les états vibratoires des deux éthers, intérieur et extérieur. Nous avons donc dû traiter séparément le cas général et le cas exceptionnel, mais très-possible et même probable, où il y aurait synchronisme entre ces deux états. Dans les deux hypothèses, on arrive au même résultat : augmentation de pression. Mais cette augmentation dépend de la nature des corps pondérables ; car on trouve dans son expression les amplitudes non-seulement des vibrations extérieures, mais aussi les amplitudes des vibrations intérieures. Or d'après ce que nous venons de voir, ces amplitudes doivent, pour une même excitation, varier avec la nature du corps pondérable.

Il suit de là que, si l'on emploie la lumière naturelle, un corps quelconque, placé seul dans la balance imaginée par M. Crookes, doit toujours se conduire comme si la lumière le repoussait. Il suit de là encore que les ailettes du radiomètre, ayant des corps différents sur leurs deux faces, doivent éprouver sur ces faces des augmentations inégales de pression, et que par conséquent le moulinet doit tourner.

On voit aussi que les divers rayons du spectre doivent exercer sur le même corps des actions inégales; car l'augmentation de pression dépend de l'état vibratoire de l'éther dans la couche superficielle du corps pondérable; or nous savons que cet état vibratoire varie considérablement avec la longueur d'onde des vibrations excitatrices.

On voit enfin dans nos formules que l'éclairement parallèle, la lumière rasante, doit encore exercer une action; car on sait que l'éther vibre transversalement au rayon lumineux. Mais le fait expérimental que cette lumière rasante produit une répulsion beaucoup plus faible que la lumière normale, nous porte à conclure que dans ces phénomènes le rôle des vibrations *longitudinales* est prépondérant. Ce serait là un fait bien remarquable; car on sait que les vibrations longitudinales de l'éther n'ont été jusqu'ici reconnues que dans les formules des géomètres, et qu'aucun phénomène n'avait encore démontré leur existence.

5. En appliquant nos formules à la lumière polarisée, nous avons été amenés à une conclusion probable que, malgré nos essais, il nous a été impossible, faute d'instruments, de contrôler convenablement par l'expérience.

On peut, au moyen de la polarisation complète, faire raser la surface plane d'un corps pondérable par une lumière dont tous les mouvements vibratoires, longitudinaux et transversaux, sont parallèles à cette surface. Si alors, ce qui nous semble non-seulement possible, mais fort probable, les vibrations de l'éther superficiel de ce corps sont elles-mêmes parallèles à ce plan, ou si, ne l'étant pas, elles sont du moins très-petites, nos formules nous montrent qu'au lieu d'une augmentation de pression, la

lumière produira une faible diminution. Si réellement les vibrations intérieures étaient parallèles au plan des vibrations extérieures, il y aurait lieu de penser qu'elles varieraient pour une même excitation, dans les différents corps, à peu près comme elles varient pour l'éclairage ordinaire. Dès lors le radiomètre éclairé sur une seule ailette, ou sur deux ailettes opposées, par une telle lumière devrait, ou rester immobile ou même, si la lumière était assez puissante, marcher en sens inverse.

Nous avons essayé d'interroger là-dessus l'expérience, en faisant agir sur le radiomètre dans la chambre obscure la lumière solaire polarisée par un prisme de Nicol ou même simplement par une glace noire convenablement inclinée. Une fois nous avons pu voir le mouvement se renverser; le plus souvent nous n'avons eu que l'immobilité, et parfois même de faibles mouvements directs. Mais aussi, nous n'avons pu, grâce à la forme même du radiomètre, nous débarrasser de la lumière diffusée par le globe de verre. Les perturbations accidentelles dans ces expériences ont donc été trop fortes pour que nous puissions les citer avec confiance. Il faudra probablement construire des appareils spéciaux pour contrôler ces dernières conclusions de notre théorie.

De pareilles expériences auraient l'avantage, si elles étaient couronnées de succès, non-seulement de confirmer puissamment l'explication que nous soumettons au jugement de la section, mais en même temps de trancher directement une question qui a soulevé jadis une controverse, la question de l'identité ou de la perpendicularité mutuelle des plans de vibration et de polarisation.

6. Voici maintenant les formules annoncées plus haut.

L'action réciproque F de deux particules matérielles M, M' placées en des points A, A', à la distance r l'une de l'autre, peut être représentée par l'expression $K\mu\mu' f(r)$, μ, μ' étant les masses des particules et K un coefficient constant. Nous allons calculer l'action moyenne F_1 qu'exercent l'une sur l'autre ces mêmes particules, lorsqu'elles parcourent, sous l'action de forces centrales proportionnelles à la distance, des ellipses très-petites ayant leurs centres en A et A'.

Soit δ la distance variable des particules M, M' et θ l'angle que fait, à un moment quelconque, la droite MM' avec la droite AA'; on a

$$(1) \quad \ldots\ldots \quad F_1 = \frac{K\mu\mu'}{t}\int_0^t f(\delta)\cos\theta\,dt,$$

l'intégrale s'étendant à un temps t très-long par rapport aux durées des vibrations.

Soient x, y, z les projections de la longueur variable AM sur trois axes rectangulaires dont le premier coïncide avec AA', et x', y', z' les projections de la longueur A'M' sur les mêmes axes; d'après les conditions du problème, en employant les notations ordinaires, ces quantités satisfont aux équations suivantes :

$$(2) \quad \left\{\begin{array}{ll} x = a\cos m\,(t-\varphi), & x' = a'\cos m'\,(t-\varphi'), \\ y = b\cos m\,(t-\chi), & y' = b'\cos m'\,(t-\chi'), \\ z = c\cos m\,(t-\psi), & z' = c'\cos m'\,(t-\psi'). \end{array}\right.$$

Nous admettrons, comme on le fait dans la théorie de la lumière, que les excursions des particules sont très-petites par rapport à leur distance, et nous négligerons leurs puissances supérieures à la deuxième.

On a successivement, en se bornant au degré d'approximation indiqué, et en représentant par Δx, Δy, Δz les différences $x'-x$, $y'-y$, $z'-z$:

$$\delta = \sqrt{(r+\Delta x)^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2},$$

$$\delta = r\left(1 + \frac{2\Delta x}{r} + \frac{\Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2}{r^2}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$\delta = r\left(1 + \frac{\Delta x}{r} + \frac{\Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2}{2r^2} - \frac{1}{2}\frac{\Delta x^2}{r^2}\right),$$

$$\delta = r + \Delta x + \frac{\Delta y^2 + \Delta z^2}{2r};$$

$$f(\delta) = f(r) + f'(r)\left[\Delta x + \frac{\Delta y^2 + \Delta z^2}{2r}\right] + \frac{f''(r)}{2}\Delta x^2;$$

$$\cos\theta = \frac{r + \Delta x}{r + \Delta x + \frac{\Delta y^2 + \Delta z^2}{2r}} = \left(1 + \frac{\Delta x}{r}\right)\left(1 + \frac{\Delta x}{r} + \frac{\Delta y^2 + \Delta z^2}{2r^2}\right)^{-1},$$

$$\cos\theta = 1 - \frac{\Delta y^2 + \Delta z^2}{2r^2};$$

$$f(\delta)\cos\theta = f(r)\left[1 - \frac{\Delta y^2 + \Delta z^2}{2r^2}\right] + f'(r)\left[\Delta x + \frac{\Delta y^2 + \Delta z^2}{2r}\right] + \frac{f''(r)\Delta x^2}{2}.$$

Par suite, l'équation (1) devient

$$(3) \;.\;.\; \left\{\begin{aligned} F_1 = \frac{k\mu\mu'}{t}\int_0^t \Big\{ & f(r)\left[1 - \frac{\Delta y^2 + \Delta z^2}{2r^2}\right] \\ & + f'(r)\left[\Delta x + \frac{\Delta y^2 + \Delta z^2}{2r}\right] + \frac{f''(r)}{2}\Delta x^2 \Big\}\, dt. \end{aligned}\right.$$

Les durées des vibrations des deux particules sont respectivement $\frac{2\pi}{m}, \frac{2\pi}{m'}$. On peut poser, en négligeant une fraction de temps inappréciable,

$$(4) \;\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\; t = \frac{2n\pi}{m}, \quad t = \frac{2n'\pi}{m'}.$$

D'après ces formules, si l'on remplace, dans l'équation (3), Δx, Δy, Δz par leurs valeurs, on voit que l'équation renferme, dans le cas où m est différent de m', des intégrales ayant les formes suivantes

$$\int_0^{\frac{2n\pi}{m}} \cos m(t - \varphi)\, dt, \quad \int_0^{\frac{2n\pi}{m}} \cos m(t - \varphi) \cos m'(t - \varphi')\, dt,$$

$$\int_0^{\frac{2n\pi}{m}} \cos^2 m(t - \varphi)\, dt.$$

On ramène facilement ces intégrales aux types connus $\int_0^\pi \cos mt\,dt$, $\int_0^\pi \cos mt \cos m't\,dt$, $\int_0^\pi \cos^2 mt\,dt$, et on trouve que les deux premières sont nulles et que la dernière est égale à $\frac{n\pi}{m}$. L'équation (3), dans laquelle on remplace les différentes intégrales par leurs valeurs, se réduit donc à celle-ci :

$$\mathrm{F}_1 = \mathrm{F} + \frac{k\mu\mu'}{t}\Big[-f(r)\frac{b^2 + b'^2 + c^2 + c'^2}{2r^2}\ \frac{n\pi}{m}$$
$$+ f'(r)\frac{b^2 + b'^2 + c^2 + c'^2}{2r}\ \frac{n\pi}{m} + \frac{f''(r)}{2}(a^2 + a'^2)\frac{n\pi}{m}\Big],$$

ou, en ayant égard aux formules (4),

$$(5)\quad \mathrm{F}_1 = \mathrm{F} + \frac{k\mu\mu'}{4}\left[(b^2 + b'^2 + c + c'^2)\frac{rf'(r) - f(r)}{r^2} + (a^2 + a'^2)f''(r)\right].$$

Nous avons supposé, dans le cours du calcul, que les coefficients m, m' sont différents. L'intégrale $\int_0^{\frac{2n\pi}{m}} \cos m(t-\varphi) \cos m'(t-\varphi')\,dt$ est nulle dans cette hypothèse, mais, dans le cas particulier où m est égal à m', elle a pour valeur $\frac{n\pi}{m}\cos m(\varphi - \varphi')$.

La formule (5) n'est donc pas applicable lorsqu'il y a synchronisme entre les vibrations des deux particules; il est facile de voir qu'elle doit alors être remplacée par la suivante

$$(6)\ .\ .\quad \mathrm{F}_1 = \mathrm{F} + \frac{k\mu\mu'}{4}\Big\{b^2 + b'^2 - 2bb' \cos m(\chi - \chi')$$
$$+ c^2 + c'^2 - 2cc' \cos m(\psi - \psi')\frac{rf'(r) - f(r)}{r^2}$$
$$+ \left[a^2 + a'^2 - 2aa' \cos m(\varphi - \varphi')\right] f''(r)\Big\}.$$

On conclut, des équations (5), (6), que l'action réciproque de deux particules matérielles varie lorsque ces particules entrent en vibration ; de plus, la variation est indépendante de la phase, s'il n'y a pas synchronisme entre les vibrations.

Il est bon de remarquer que les résultats que nous venons d'obtenir sont exacts aux grandeurs près du quatrième ordre; car, si l'on avait conservé les troisièmes puissances de $\Delta x, \Delta y, \Delta z$, on aurait introduit des intégrales qui sont nulles, comme se ramenant aux formes

$$\int_0^\pi \cos^3 mt\, dt, \qquad \int_0^\pi \cos^2 mt \cos m't\, dt.$$

La fonction $kf(r)$ qui exprime la loi d'action des particules éthérées est encore inconnue, mais les phénomènes de l'optique physique établissent avec une grande probabilité que les accroissements de cette fonction, pour de petits changements dans la distance des particules, sont considérables en valeur absolue et de signe contraire à celui de la variable. Ces résultats nous autorisent à substituer, dans l'étude des actions mécaniques de la lumière, à la fonction inconnue $kf(r)$, la fonction $\frac{k}{r^n}$ qui, en supposant k négatif et n assez grand, remplit les conditions énoncées. En conséquence, les formules (5), (6) deviennent respectivement

$$(7)\quad F_1 = F + \frac{nk\mu\mu'}{4r^{n+2}}\left[(n+1)(a^2+a'^2) - (b^2+c^2+b'^2+c'^2)\right],$$

$$(8)\quad F_1 = F + \frac{nk\mu\mu'}{4r^{n+2}}\Big\{(n+1)\left[a^2+a'^2-2aa'\cos m(\varphi-\varphi')\right]$$

$$-\left[b^2+b'^2-2bb'\cos m(\chi-\chi')+c^2+c'^2-2cc'\cos m(\psi-\psi')\right]\Big\}.$$

Nous discuterons d'abord la formule (7); on peut l'écrire comme suit

$$(9)\quad .\ .\ \frac{F_1}{F} = 1 + \frac{n}{4r^2}\left[(n+1)(a^2+a'^2) - (u^2+u'^2)\right],$$

en posant

$$b^2+c^2=u^2, \quad b'^2+c'^2=u'^2.$$

Les lettres a et u représentent les excursions maxima des projections du mobile M sur la droite AA′ et sur un plan perpendiculaire à cette droite (*); a' et u' représentent les mêmes quantités par rapport au mobile M′. On voit, par l'équation (9), que généralement les vibrations de deux particules augmentent leur action réciproque, et cet accroissement est d'autant plus grand que les amplitudes des vibrations sont plus fortes. Toutefois, si l'expression $(n+1)(a^2+a'^2)-(u^2+u'^2)$ était négative, la force qui s'exerce entre les particules, au lieu d'être augmentée, serait diminuée par les vibrations. En supposant n assez grand, ce cas ne peut se présenter que si les normales aux plans des ellipses parcourues font des angles nuls ou très-petits avec la ligne des centres.

Considérons, au lieu de deux particules, deux systèmes S, S′ de points matériels limités par deux plans indéfinis, parallèles et distants l'un de l'autre d'une quantité insensible. Une particule quelconque M_1 du premier système agit sur toutes les particules M'_1, M'_2 .... de l'autre système placées dans la sphère d'activité sensible. Pour avoir la composante normale aux plans de séparation de l'action totale exercée par le point M_1 sur le système S′, on doit faire la somme des composantes des actions partielles du point M_1 sur les points M'_1, M'_2 .... Conformément à l'usage, cette opération sera indiquée par la lettre Σ; on aura, d'après la formule (7),

$$(10).\quad \Sigma F_1 = \Sigma F + \frac{nk}{4}\sum \frac{\mu\mu' \cos\omega}{r^{n+2}}\left[(n+1)(a^2+a'^2)-(u^2+u'^2)\right],$$

ω étant l'angle que fait avec la normale aux plans de séparation la droite qui joint le point M_1 à un point quelconque du système S′ voisin de M_1. Le point M_1 agit principalement sur les particules situées dans un cône d'ouverture étroite, dont l'axe, normal aux

(*) Il est plus exact de dire que u est une limite supérieure de l'excursion maxima de la projection du mobile M sur un plan perpendiculaire à AA′.

plans de séparation, passe par le point lui-même; dans ce qui suit, nous ne tenons compte que de cette action prépondérante. Le coefficient n étant assez grand, l'expression $(n+1)(a^2+a'^2) - (u^2+u'^2)$ sera généralement positive. Pour qu'il en fût autrement, les normales aux plans des ellipses parcourues par les molécules devraient faire des angles très-petits avec les lignes M_1M', $M_1M'_2$, ... ou avec la normale aux plans de séparation dont ces lignes ne s'écartent pas considérablement.

On obtiendrait l'action totale exercée par le système S sur le système S′ en faisant la somme des actions exercées sur le second système par tous les points M_1, M_2 .... du premier; il est inutile d'indiquer cette sommation.

La conclusion est évidente. Lorsque les points matériels qui composent deux systèmes mis en présence, quittent leurs positions d'équilibre pour prendre un état vibratoire, ou lorsque les amplitudes des vibrations augmentent, l'action réciproque des systèmes croît généralement en valeur absolue. Cependant dans des circonstances particulières, la vibration des particules peut avoir pour effet une diminution de cette action réciproque : par exemple, si l'on peut orienter à son gré les trajectoires des particules, on parviendra, en rendant nulles ou suffisamment petites les amplitudes a, a' et en exagérant les amplitudes u, u', à diminuer cette action en valeur absolue. Il y a lieu de croire que l'on peut, au moyen de la lumière polarisée, réaliser physiquement ces conditions.

On sait que, dans la lumière naturelle, les ellipses très-petites parcourues par les particules éthérées changent à tout moment d'orientation; de là des variations continuelles des quantités a, u, a', u'.

Pour appliquer la formule (10) à ces mouvements, on remplacera les binômes $(a^2+a'^2)$, $(u^2+u'^2)$ par leurs valeurs moyennes prises par rapport à un temps t très-long relativement aux durées très-petites pendant lesquelles l'orientation peut être considérée comme constante.

Si la lumière est diffuse, ou si les directions des rayons se croisent en tous sens, l'ellipse parcourue peut prendre dans un

temps assez court toutes les orientations. Dans ce cas, les valeurs moyennes des amplitudes a, b, c, a', b', c', prises par rapport au temps, sont égales, et l'on peut poser

$$a^2 = \frac{b^2 + c^2}{2}, \quad a'^2 = \frac{b'^2 + c'^2}{2}.$$

Par suite, si l'on représente par ε^2 la valeur commune des expressions

$$(a^2 + a'^2), \quad \frac{u^2 + u'^2}{2},$$

la formule (10) se réduit à la suivante :

$$(11) \quad \ldots \quad \Sigma F_1 = \Sigma F + \frac{n(n-1)k}{4} \sum \frac{\mu\mu'\varepsilon^2 \cos\omega}{r^{n+2}}.$$

Ainsi, lorsque les mouvements vibratoires de deux systèmes contigus ne sont pas polarisés, l'action réciproque des systèmes croît toujours avec l'amplitude des vibrations.

Il nous reste à discuter la formule (8). Cette formule nous montre que, dans le cas du synchronisme, les mouvements vibratoires augmentent généralement l'action réciproque de deux particules appartenant à des systèmes différents (*), et que l'accroissement dépend des phases.

Nous passons sous silence les résultats particuliers que l'on peut déduire de cette équation, nous bornant à dire un mot de son application aux mouvements vibratoires de deux systèmes contigus dans lesquels les durées des vibrations sont les mêmes. Si ces mouvements sont polarisés, et que les phases soient

---

(*) Si les particules appartiennent au même système, les amplitudes a, a'... et les phases φ, φ'... sont égales en des points voisins, et la formule (8) devient

$$F_1 = F.$$

constantes, l'accroissement de l'action réciproque produit par les vibrations dépend des phases; si, au contraire, les phases changent à tout moment, comme cela se fait dans la lumière naturelle, il est facile de voir que l'accroissement dont il s'agit sera indépendant des phases. En effet, il faudra remplacer l'expression $\cos m(\varphi - \varphi')$ par sa valeur moyenne prise par rapport au temps, à savoir

$$\frac{1}{4\pi^2}\int_0^{2\pi}\int_0^{2\pi}\cos m(\varphi - \varphi')\,d\varphi d\varphi'$$

ou zéro. D'après cela l'action exercée par un point quelconque M_1 du système S sur le système S' sera encore représentée par l'équation (10), et les conclusions seront les mêmes.

Note. Depuis la présentation de ce mémoire de nouvelles expériences, faites sur le radiomètre, indiquent que l'air raréfié qui reste dans l'appareil de M. Crookes joue un rôle essentiel dans les phénomènes. Il faudrait en conclure que la différence des pressions de l'éther, mise en évidence par nos calculs, n'est pas suffisante pour rendre compte des rotations observées. Mais dans les mouvements des queues des comètes, qui semblent produits par une force répulsive de la lumière, l'air raréfié ne peut intervenir; et notre théorie nous paraît expliquer cette force répulsive.

LE

DOUBLE ÉTALON MONÉTAIRE;

PAR

M. VICTOR JACOBS,

MEMBRE DE LA CHAMBRE DES REPRÉSENTANTS.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE DU 24 OCTOBRE 1876.

—

En me trouvant au milieu de cette assemblée de savants, moi qui n'ai aucun droit à ce titre, je me sens un peu dépaysé. J'ai besoin de toute votre indulgence.

Le sujet que j'aborde est plutôt pratique que scientifique; ce sera l'excuse du R. P. Carbonnelle qui m'a mis en réquisition, ce sera aussi l'excuse de celui qui s'est laissé réquisitionner.

Avant d'aborder l'examen de la question monétaire, rendons-nous bien compte de ce qu'est la monnaie. Ce sera notre point de départ.

La monnaie, vous le savez, est un objet que la loi a constitué mesure commune de la valeur de toutes choses et en même temps moyen de se libérer de tous les engagements.

L'article 1142 du Code civil porte que toute obligation se résout en dommages-intérêts en cas d'inexécution de la part du débiteur. Nul ne peut être contraint de faire ce qu'il a promis; s'il

manque à sa promesse, il est condamné à des dommages-intérêts. Ceux-ci ne pourraient être aisément fixés s'il n'existait pas de monnaie, s'il n'y avait pas, de par la loi, un moyen d'évaluer tout engagement non tenu.

La monnaie est aussi une mesure commune de la valeur des choses, unité de valeur à laquelle on rapporte toutes les autres, commun dénominateur de tout ce qui est dans le commerce. C'est d'ordinaire un métal que la loi investit de ce privilége. Elle détermine les conditions de poids et de titre de ce métal. (Le titre, c'est l'alliage, c'est la proportion de métal fin joint à une proportion de métal plus vil.) La loi détermine encore la forme et l'effigie des pièces de monnaie. Elle en organise et en surveille la fabrication.

Il y a bien deux catégories de monnaies : le billon, cuivre, bronze ou nickel, et la monnaie proprement dite. Je ne parle pas du billon. Cette monnaie vaut intrinsèquement beaucoup moins que sa valeur légale. Elle se fabrique à grand bénéfice et l'État s'en réserve le monopole. Le billon n'a pas une vertu libératoire indéfinie, il ne sert que d'appoint, il n'est donc pas une mesure commune de toutes les valeurs. Il faut en dire autant des monnaies divisionnaires d'argent. Dès qu'il s'agit de plus de 50 francs, vous ne pouvez vous libérer en pièces de 2 francs, de 1 franc et de 50 centimes.

Ces monnaies accessoires écartées du débat, nous arrivons à la monnaie véritable qui comprend en Belgique les pièces d'or et les pièces de 5 francs d'argent. Dans tous les pays civilisés, il n'y a d'autre monnaie que l'or et l'argent. L'État reçoit à l'Hôtel des monnaies les lingots d'or et d'argent ; il les convertit en francs ou en louis, sans prélever autre chose que le coût des frais de fabrication.

« L'or et l'argent, disait déjà Turgot, sont constitués par la nature des choses monnaie et monnaie universelle indépendamment de toute convention et de toute loi. »

Il en est ainsi parce qu'ils réunissent à un haut degré les conditions essentielles d'une bonne monnaie.

Quelles sont ces conditions ? L'objet choisi comme mesure de

la valeur des choses ne doit être ni trop précieux, ni trop vil. Si vous preniez des diamants, par exemple, pour servir de monnaie, il n'y en aurait pas assez pour remplir la fonction que la monnaie doit remplir; nos transactions réclament un agent plus répandu. Par contre, si vous preniez du fer, vous manqueriez aussi le but, car, eu égard au peu de valeur de ce métal, il faudrait, pour solder ses dettes, en accumuler une trop lourde charge. Ce serait peu maniable, peu commode, nuisible aux relations usuelles pour lesquelles on a besoin de monnaie.

Il faut donc trouver une marchandise ayant assez de valeur et n'en ayant pas trop pour se prêter au rôle spécial qui est celui de la monnaie.

Il faut, en outre, une marchandise qui s'altère peu, car si la monnaie se détériorait trop aisément au frottement, elle disparaîtrait au bout de peu de temps sans laisser de traces et donnerait lieu à mille contestations dès que les empreintes seraient effacées.

Il faut enfin que cette marchandise ait une valeur relativement stable. Si l'on adoptait une unité de valeur variant comme le grain ou les huiles, on posséderait aujourd'hui une maison valant 100,000 francs et demain 200,000 francs, sans que la maison ait changé, sans que sa valeur réelle ait été modifiée. De là une perturbation constante dans la valeur des choses qui dérouterait tout calcul.

On a donc reconnu de tout temps que l'or et l'argent étaient les marchandises réunissant à un haut degré ces conditions de valeur moyenne, ni trop grande ni trop faible, relativement stable, de matière assez peu altérable pour constituer la monnaie.

Mais, à peine ces caractères sont-ils reconnus aux deux métaux que s'élève cette grande contestation entre ceux qui veulent les employer séparément et ceux qui veulent s'en servir simultanément, entre les partisans de l'étalon unique et ceux du double étalon. L'or et l'argent est la devise des uns; l'or ou l'argent est celle des autres.

Après une longue période de calme relatif, le combat reprend

aujourd'hui plus vif, je pourrais même dire plus aigre que jamais. Où est la vérité ? Y en a-t-il une? Cherchons-la.

Lorsqu'on ne tient compte que de la théorie, il est certain qu'il n'y a qu'une vérité monétaire : c'est l'étalon unique. Le double étalon n'est pas soutenable. Dès qu'on veut constituer la mesure commune de la valeur des choses, c'est à une seule et même chose qu'il faut ramener toutes les autres. On ne conçoit pas plus deux mesures différentes de la valeur que deux mesures du poids, de l'étendue, etc....; il ne peut pas plus y avoir deux francs de valeur différente que deux mètres de longueur différente, et deux grammes de poids différent. Les deux métaux ne parviennent à coexister comme mesures légales de la valeur que grâce à un rapport légal, donc arbitraire, établi entre eux.

Par une coïncidence heureuse le rapport légal, établi par la loi du 7 germinal an IX, et d'après lequel 1 gramme d'or vaut 15 $^1/_2$ grammes d'argent, ce rapport décrété par la loi s'est trouvé pendant longtemps à peu près conforme à celui qui résultait de l'abondance relative des deux métaux.

Selon que la production d'un des deux métaux suivra une marche plus rapide, ou que la consommation en sera plus grande, ce rapport légal s'écartera du rapport réel, et dans ce cas qu'arrivera-t-il ?

Voici ce que les partisans de l'étalon unique prédisent aux pays qui ont le double étalon : Tous les peuples dont la balance commerciale avec ces pays se solde en perte y introduiront des lingots du métal dont la valeur réelle est inférieure à celle que lui donne le rapport légal.

Tous ceux dont la balance commerciale se solde en bénéfice seront payés par les habitants des pays à double étalon au moyen du métal qui, à l'étranger, vaut relativement plus que d'après le rapport légal.

Ce double courant, cette perpétuelle importation du métal déprécié, cette perpétuelle exportation du métal qui fait prime doit produire à la longue ce résultat que les pays à double étalon n'ont plus, en fait, qu'un métal et qu'ils n'ont pas même l'avantage de le choisir; il leur reste celui qui vaut le moins.

Voilà ce qu'enseigne la théorie.

La pratique ne s'incline pas docilement devant cet enseignement. Le franc, dit-elle, n'est pas une abstraction, comme le mètre et comme le gramme. Ce n'est pas une donnée de raison; c'est une chose réelle, palpable, tangible, maniable et nécessaire. Il nous faut des francs et on ne les fait pas à volonté comme des mètres au moyen d'une plume ou d'un crayon. Pour faire des calculs on n'est jamais à court. Pour payer avec la monnaie il faut avoir de la matière. Il faut que l'Europe, le monde civilisé, ait à sa disposition un nombre suffisant de pièces de monnaie pour solder ses échanges, pour opérer le maniement de fonds qui est essentiel aux relations commerciales. Or, disent les partisans du double étalon, il n'y a pas assez d'or pour cela dans le monde; si vous réduisez l'argent à un rôle secondaire, à celui de monnaie divisionnaire et de matière première pour les orfèvres, il s'ensuivra d'une part que l'argent baissera énormément par suite de ce défaut de demande, et d'autre part que l'or, resté seul matière à monnaie, ne suffira pas pour remplir ce rôle essentiel dans notre civilisation. Il est vrai, ajoutent-ils, que le double étalon peut présenter des inconvénients pratiques; mais la Providence les a écartés jusqu'ici; heureusement il se produit des fluctuations, des variations de valeur de l'or et de l'argent qui ressemblent aux oscillations du pendule. Tantôt c'est l'or qui fait prime; puis le pendule reprend sa marche et l'argent remonte. De nouveau l'or a le dessus pour céder encore la place à l'argent plus tard, sans que ces oscillations soient considérables. Il en résulte que tel peuple, qu'on croyait appauvri parce que sa circulation était presque exclusivement en argent, s'est trouvé être le plus riche le jour où, par l'oscillation du pendule, l'argent a fait prime, tandis que l'or se trouvait déprécié. Quand, par suite du double étalon, on lui a repris son argent pour le remplacer par de l'or, il est arrivé, grâce à une nouvelle oscillation du pendule, que l'or a de nouveau fait prime et celui qui aurait dû être de plus en plus appauvri, finissait par rester riche.

Ces fluctuations sont venues fort en aide aux partisans du double étalon et ont rendu ses inconvénients à peu près nuls

pendant les trois premiers quarts du XIXe siècle. Mais c'est là, Messieurs, un fait accidentel.

La valeur de l'or et de l'argent n'a pas eu autrefois et n'aura pas dans l'avenir ce rapport à peu près stable de 1 à 15 $^1/_2$.

Un savant auteur, Roswag, a fait des recherches fort curieuses sur la valeur relative de l'or et de l'argent à différentes époques de l'histoire ; voici quelques-unes des données qu'il fournit.

Le rapport de l'or à l'argent était comme :

7 à 1 à l'époque de César ;
10 à 1 à l'époque d'Alexandre;
11 à 1 à l'époque de Charlemagne et en 1550;
12 à 1 à l'époque de Solon et en 1450;
13 $^1/_2$ à 1 en 1650;
15 $^1/_2$ à 1 sous Constantin et en 1800;
16 à 1 dans la première moitié de ce siècle;
17 à 1 l'époque de la conquête de la Sicile par les Romains ;
18 à 1 à l'époque de l'invasion des barbares.

De demi-siècle en demi-siècle voici les chiffres de Soetbeer :

1500	proportion	10.50
1600	—	11.60
1650	—	13
1700	—	14.90
1750	—	14.93
1800	—	15.42
1840	—	15.75
1860	—	15.28
1868	—	15.56
1873	—	16

Ces variations du passé montrent que c'est un fait purement accidentel que cette coïncidence approximative, pendant environ soixante-quinze années consécutives, du rapport légal de 15 $^1/_2$ avec la réalité des choses. Je dis que la coïncidence est approxi-

mative et, en effet, jamais pendant cette époque l'écart n'a été de plus de 5 à 6 p. °/₀. Il est descendu de 15 $^{1}/_{2}$ à 16 $^{4}/_{10}$ et il est monté au maximum de 15 $^{1}/_{2}$ à 15 $^{1}/_{10}$. On pouvait considérer ces variations comme insignifiantes, surtout que les oscillations du pendule faisaient succéder alternativement la hausse et la baisse au bout d'une certaine période d'années. On a donc continué à monnayer de l'or et de l'argent pendant ces soixante-quinze ans sans s'inquiéter beaucoup de ces écarts relativement minimes.

Malheureusement nous entrons dans une époque où les oscillations prennent une allure infiniment plus brusque. C'est en 1876 surtout que les oscillations ont pris ce caractère brusque, saccadé et, si je puis m'exprimer ainsi, orageux. Sur le marché de Londres, marché régulateur des métaux précieux, l'équivalent de la proportion légale de 15 $^{1}/_{2}$ est le prix de l'argent en barre à raison de 60 $^{13}/_{16}$ pence par once. Or, de 60 $^{13}/_{16}$ pence nous étions déjà descendus l'année dernière à 57 pence. C'était une différence de 5 à 6 p. °/₀. Cette année nous sommes descendus un moment, c'était le 15 juillet, jusqu'à 47 $^{1}/_{2}$ pence, c'est-à-dire que la dépréciation était de 22 p. °/₀ ! La valeur de l'argent a remonté depuis lors, il est vrai, mais elle n'était encore le 8 octobre dernier, d'après l'*Economist,* que de 52 pence, ce qui laisse subsister une dépréciation de 15 p. °/₀ sur la valeur légale résultant de la loi de germinal.

Dans ces conditions on ne peut plus admettre des lingots d'argent à la Monnaie. On ne peut pas continuer à frapper des pièces de 5 francs lorsque la valeur réelle de l'argent est de 15 p. °/₀ au-dessous de la valeur nominale des monnaies qu'on obtiendrait.

Jusqu'ici les États de l'Union latine ont usé de palliatifs; limiter le monnayage, c'était bon lorsque la perte n'était que de 6 p. °/₀. Il faut des remèdes plus énergiques; aujourd'hui que la dépréciation va de 15 et 20 p. °/₀, le monnayage d'argent doit être arrêté. Il n'est pas probable que nous remontions à bref délai aux hauteurs de 57 et à plus forte raison de 60 pence, où nous devrions être pour avoir le rapport légal de 15 $^{1}/_{2}$ à 1. L'argent semble

donc avoir perdu en 1876 ce qui formait l'un de ses caractères monétaires, sa stabilité relative. On pourrait encore assurément fixer entre les deux métaux un certain rapport légal, autre que 15 $^1/_2$, mais il serait imprudent de le faire, car la valeur de l'argent ne s'est pas établie à un cran inférieur d'une façon stable. On serait bien embarrassé, si on abandonnait le rapport de 15 $^1/_2$, pour en fixer un autre. En présence de fluctuations aussi énormes, aussi rapides, il faudrait, pour suivre l'argent dans ses soubresauts et ses saccades, une véritable échelle mobile.

Afin d'apprécier les chances qu'a l'argent de reprendre à bref délai sa valeur d'autrefois, il importe de se rendre compte des causes qui ont produit cette dépréciation énorme de 22 p. % dans sa valeur marchande. Ces causes sont de deux natures; ce sont les deux aspects de la loi de l'offre et de la demande : il y a eu moins de demandes et il y a eu plus d'offres. On a demandé moins d'argent et l'on en a produit davantage.

En effet, si l'on consulte la marche que suit la production de l'argent, on est frappé de son caractère progressif. M. Soetbeer a dressé des statistiques qui nous donnent comme production de l'argent :

En 1800	183	millions par année;
En 1846	168	— —
En 1849-1851	225	— —
En 1852-1856	220	— —
En 1857-1859	249	— —
En 1860-1863	293	— —
En 1864-1867	355	— —
En 1874	400	— —

On évalue la production actuelle à près de 450 millions par an. C'est aux États-Unis d'Amérique, dans les États de l'extrême Ouest où l'on n'arrivait pas autrefois, mais où le chemin de fer du Pacifique a permis d'aborder aisément, dans le Nevada, entre autres, qu'on trouve des mines d'argent d'une richesse incroyable. L'Amérique du Nord donnait en 1860 une production d'argent d'un million; elle a fourni l'année dernière environ 225 millions,

c'est-à-dire la moitié de la production du globe. Voilà la première cause de la dépréciation de l'argent : augmentation de la production. La production de l'or n'offre pas une progression correspondante. Depuis quelques années elle présente une diminution. L'or, sans doute, continue à nous fournir chaque année une valeur métallique beaucoup plus considérable que l'argent. Il nous donne encore 700 millions par an ; mais il a atteint jusqu'à un milliard ; c'est le chiffre le plus élevé ; depuis il est descendu à 900 et à 800 millions. Il semble fixé dans les environs de 700 millions : donc un état stationnaire en ce qui concerne la production de l'or et une progression constante et rapide pour l'argent.

En regard de l'offre surabondante plaçons la seconde cause de dépréciation : demande moindre du métal argent.

Ceci provient de causes multiples : en première ligne consommation moindre d'argent en Orient. L'Orient a toujours été et sera toujours le grand consommateur de l'argent. La Chine et l'Inde surtout absorbent des quantités d'argent considérables. C'est là que se déverse, que s'enfouit la meilleure part de la production argentifère du monde. Or, depuis quelques années, la balance commerciale entre l'Inde anglaise et la métropole se solde par des sommes relativement minimes ; les envois de métal argent, qui servent à régler cette différence, requièrent infiniment moins de matières qu'autrefois. L'une des causes de cette diminution du solde à payer est connue.

On a construit aux Indes, il y a quelques années, à l'aide de capitaux anglais, un réseau énorme de chemins de fer. Pendant l'époque de la construction il a fallu envoyer aux Indes du numéraire, de l'argent en quantités considérables. Aujourd'hui la période de construction est terminée ; celle d'exploitation a commencé ; au lieu d'envoyer de l'argent, il s'agit d'en recevoir. Les actionnaires anglais ont à retirer de l'Inde les dividendes de leurs actions de chemins de fer. Quelques chiffres montreront combien le chiffre de la balance a diminué.

Pendant la période quinquennale de 1861 à 1865 l'exportation d'argent en Orient a été de 433 millions de thalers. Pendant la

période suivante elle n'a plus été que de 144 millions. Je n'ai pas le chiffre exact de la dernière période ; il est encore plus faible.

Si l'on compare la production de l'argent à l'exportation de ce métal vers l'Orient, on constate que, de 1851 à 1860, l'Orient a absorbé toute la production d'argent du globe à 24 millions de thalers près. Il n'est resté que 24 millions de thalers pour satisfaire les besoins des nations européennes. De 1861 à 1870, au contraire, l'écart est de 326 millions de thalers. Au lieu donc d'envoyer presque toute la production aux Indes, il faut trouver des débouchés ailleurs pour une forte proportion; on ne trouve ces débouchés qu'en avilissant le prix de la marchandise ; telle est l'explication de ces prix de 47 $^1/_2$, de 52 pence l'once auxquels l'argent est tombé en 1876.

A côté de cette consommation moindre en Orient vient se placer une consommation moindre en Occident par suite de la propension du monde civilisé vers la monnaie d'or. Cette tendance vers la monnaie d'or, cette tendance à reléguer l'argent au second plan comme monnaie, devient générale. Autrefois l'étalon d'or n'existait nulle part en dehors de l'Angleterre, de son satellite européen, le Portugal, et d'une ancienne colonie portugaise, le Brésil. L'année 1873 a vu l'étalon d'or s'établir aux États-Unis d'Amérique, en Allemagne et dans les trois États scandinaves. Vers la même époque, il s'est implanté dans un pays de l'extrême Orient, au Japon. D'autres pays sont en voie d'y arriver. Un décret tout récent porté en Espagne, le 20 août 1876, a décidé en principe l'adoption de l'étalon d'or. Du jour, dit le décret, où une quantité suffisante de monnaie d'or espagnole aura été frappée, la monnaie d'argent cessera d'avoir une valeur libératoire au delà de 150 pesetas. Le gouvernement des Pays-Bas a déposé, le 9 mai 1876, un projet de loi par lequel il propose aussi l'adoption de l'étalon d'or. Depuis, il est vrai, il s'est produit un mouvement de recul dans ce pays qui avait été le dernier à conserver l'étalon d'argent exclusivement. Déjà l'étalon d'argent est abandonné ; déjà la Hollande fabrique de l'or ; déjà elle a limité la fabrication de l'argent, se plaçant ainsi dans la

même situation que l'Union latine; il s'agit de savoir si les Pays-Bas iront plus loin.

L'Union latine, ce grand consommateur d'argent autrefois, en consomme infiniment moins que par le passé; elle s'est rationnée; elle a limité la quantité d'argent que chaque État pourrait fabriquer pendant les années 1874, 1875 et 1876. En 1877 elle se limitera plus étroitement encore, si elle ne supprime pas complétement la frappe de l'argent. Tout cela concourt à la baisse d'un métal si abondamment offert et si peu demandé.

En dehors de ces États, que reste-t-il? L'Autriche et la Russie, qui n'ont pas de circulation monétaire; la Turquie qui ne compte guère, qui peut-être bientôt comptera encore moins.

Telle est la situation des différents États de l'Europe. En dehors de l'Union latine, l'étalon d'or existe chez la plupart des peuples d'Occident dont la circulation est métallique; il existe à moitié déjà dans l'Union latine. C'est, en effet, avoir à moitié au moins l'étalon d'or que de ne plus recevoir d'argent à la Monnaie à portes ouvertes. Le grand pas est fait; il n'y a plus qu'un véritable étalon. Il existe encore une importante quantité d'argent monnayé qui, en vertu de la loi, a conservé sa valeur nominale et sa vertu libératoire, mais cette valeur ne subsiste plus pour le lingot argent. Elle n'existe plus que pour une certaine quantité d'écus de 5 francs. La spéculation que j'indiquais tout à l'heure et qui consiste à solder la balance commerciale au moyen de lingots d'argent que l'étranger apporte à nos Hôtels des monnaies, cette spéculation n'est plus possible. Les étrangers ne peuvent plus apporter leurs barres de métal-argent à nos Monnaies et les y faire fondre. Il faut qu'ils achètent des écus monnayés de 5 francs qu'ils payeront aussi cher que des francs d'or, parce que ces écus de 5 francs, dont le nombre est limité, ne sont pas dépréciés en fait.

J'ai examiné les causes qui ont amené la dépréciation du métal argent : production supérieure; consommation moindre. Y a-t-il des chances sérieuses de voir ces causes équilibrées par d'autres, de voir remonter l'argent sinon au pair, au moins à un cours s'en rapprochant ?

J'ai cru longtemps que la dépréciation n'aurait pas dépassé 5 à 6 p. % L'équilibre pouvait alors se rétablir par une de ces oscillations du pendule qui se sont produites si souvent. Mais nous sommes loin de cette baisse modérée. L'année actuelle a vu se produire un tel écart entre le rapport légal et le rapport vrai qu'il est plus que probable qu'on va se défendre de plus en plus contre ce métal déprécié et, plus on se défendra contre lui, plus on aboutira fatalement à l'avilir.

Les causes appréciables qui pourraient contribuer à le faire remonter sont : d'une part la reprise des payements dans les pays où le papier a cours forcé. Il y a en Russie plus de 3 milliards de papier-monnaie; en Autriche, plus de 500 millions et en Italie plus de 1,500 millions. Mais vous savez s'il faut songer à une pareille guérison financière de ces pays dans le moment actuel ! Aux États-Unis la reprise des payements est moins éloignée, mais ils ont l'étalon d'or.

Une seconde raison serait une demande très-considérable d'argent pour les Indes. Eh bien, j'admets que la demande pour les Indes peut augmenter, mais je me refuse à croire que cette augmentation soit assez importante pour réagir contre la baisse actuelle, pour nous ramener soit au pair, soit à un chiffre approchant du pair.

Nous nous trouvons donc dans une période de dépréciation continue. L'argent vraisemblablement tardera longtemps encore à recouvrer sa valeur ancienne. Or, un pays ne peut s'isoler d'un mouvement général du monde civilisé. La monnaie d'or tend à devenir la monnaie universelle du globe. Nous pouvons résister à ce courant le temps voulu pour ne prendre qu'une décision mûrie et réfléchie; bon gré, mal gré, nous finirons par être entraînés par le torrent. Le plus sage est de s'y préparer par des mesures rationnelles et bien conçues. Nous sommes déjà, comme je l'ai dit, au régime de l'étalon unique d'or, mitigé, il est vrai, par l'existence dans notre circulation d'une très-grande quantité de métal argent conservant sa pleine valeur et sa vertu libératoire. Nous n'avons plus deux étalons, c'est-à-dire deux métaux légalement sur la même ligne pouvant

l'un et l'autre se monnayer à portes ouvertes dans notre Hôtel des monnaies.

Que réclame la théorie pour que l'évolution soit complète? Elle demande deux mesures. Ne plus monnayer d'argent, c'est très-bien; mais ce n'est pas assez; il faut retirer de la circulation la plus grande partie de l'argent fabriqué et ne laisser à ce que nous laisserons en circulation la puissance libératoire que jusqu'à concurrence d'un chiffre, soit de 50 francs comme en Angleterre, soit de 100 francs comme on l'a proposé en France lors de l'enquête officielle monétaire, soit de 150 francs, chiffre adopté en Espagne, soit même un chiffre supérieur, mais enfin un chiffre relativement minime. Tels sont les deux compléments de l'évolution.

Je ne pense pas, Messieurs, que nous ayons à faire aujourd'hui à nos frais et à nos très-grands frais, un pareil *meâ culpâ.* Restons dans le statu quo, envisageons les événements sans découragement, n'agissons pas avec précipitation, ne bouleversons pas notre situation monétaire et ne nous infligeons pas sans nécessité absolue une perte énorme.

Avant de retirer de la circulation une quantité considérable d'argent, il importe de se rendre compte du stock que nous possédons et d'attendre que la gène de ce prétendu encombrement se fasse sentir.

La Belgique a fabriqué depuis qu'elle existe un peu moins de 500 millions en pièces de 5 francs; la France en a fabriqué pour 2 milliards 700 millions; l'Italie pour 300 et quelques millions; la Suisse pour 12 $^{1}/_{2}$ millions et la Grèce — j'énumère tous les états de l'Union latine — en fabrique dans ce moment pour 12 millions, soit en tout pour un peu plus de 3 $^{1}/_{2}$ milliards. Assurément l'Italie, la Grèce et la Suisse n'ont absolument rien de trop; elles auraient même trop peu si nous ne les aidions pas en leur prêtant un certain nombre de nos écus de 5 francs. A envisager isolément la Belgique, que devrions-nous garder? L'Allemagne a commencé par fixer à raison de 10 marks par tête d'habitant la quantité de monnaie divisionnaire à fabriquer. On revient déjà sur cette mesure trop rigoureuse. Le gou-

vernement a présenté un projet de loi au Parlement allemand dans le but d'élever la proportion de 10 à 15 marks par tête d'habitant, soit 50 p. °/₀ en plus.

Le gouvernement néerlandais, dans son dernier projet, propose, en dehors des petites monnaies divisionnaires d'argent, de fabriquer de grosses pièces de ce métal à raison de plus de 10 florins par tête d'habitant. Prenons à peu près la même proportion 25 francs par tête d'habitant. A ce compte il nous faudrait 155 millions en pièces de 5 francs; nous aurions un peu plus de 350 millions de trop. La France, aux mêmes conditions, devrait conserver 850 millions en pièces de 5 francs; elle en aurait 1,850 millions de trop. Nous avons fabriqué en Belgique 90 francs en pièces de 5 francs, ou 18 pièces de 5 francs, par tête d'habitant; la France un peu moins, 80 francs, ou 16 pièces de 5 francs. Faisons maintenant une masse pour l'Union latine, et nous trouverons que chaque membre de cette Union a, en moyenne, à sa disposition 10 pièces de 5 francs.

J'ai raisonné jusqu'ici dans l'hypothèse où toutes les pièces fabriquées existeraient encore. Il est certain qu'il n'en est pas ainsi. Que nous en reste-t-il? Personne ne le sait; mais certaines expériences faites peuvent nous guider. Vous vous rappelez les pièces de fr. 2-50. Vous ne les avez connues que pendant 20 ans. Nées sur le sol belge en 1847, elles sont décédées en 1867. On a retiré à cette époque toutes ces pièces de fr. 2-50 dont la plus âgée avait 20 ans. Combien en a-t-on retrouvé? 56 pour cent. Près de la moitié avait disparu. Nous sommes autorisés à croire qu'une très-notable proportion des pièces de 5 francs n'existe plus. Vous savez que toutes les pièces de 5 francs d'avant une certaine époque contenaient un mélange d'or qui rendait leur refonte profitable. Il n'en reste de cette époque que des spécimens que l'on conserve par curiosité. En outre, les grosses pièces d'argent étaient beaucoup plus propres que les moyennes à être exportées en Orient. Supposons qu'il ne nous reste que 56 p. °/₀ des fabrications; au lieu de posséder dans l'Union latine 50 francs en pièces de 5 francs par tête d'habitant, nous n'en avons plus que pour 28 francs. Nous nous

rapprochons singulièrement de cette somme de 25 francs que j'ai fixée tout à l'heure en me rapprochant du chiffre admis en Hollande. J'ajouterai, par parenthèse, que sur les observations de la commission des rapporteurs de la seconde Chambre, le Ministre des Finances de la Hollande renonce à l'idée de retirer dès aujourd'hui de la circulation la plus grande partie des monnaies d'argent néerlandaises.

Avant d'anéantir une partie de notre stock d'écus de 5 francs, avant de nous imposer la lourde charge de les revendre sur le marché monétaire si tourmenté à l'heure actuelle, avant de nous résigner à perdre 15 p. °/₀ sur une ou plusieurs centaines de millions que nous aurions à vendre, il faut que nous sentions matériellement les inconvénients de cette pléthore d'argent dont on nous menace. En Espagne, où l'on décrète d'avance qu'à un moment donné on adoptera l'étalon d'or, on ne se préoccupe pas de retirer de la circulation les pièces de 5 francs. On ne s'attend pas à l'encombrement. Nous n'avons pas à le prévoir davantage. S'il se produit, si des inconvénients se manifestent, nous aurons à porter remède à un mal que nous ne sentons pas aujourd'hui et que nous ne sentirons peut-être jamais.

Un des faits qui me portent à croire que nous n'avons pas une circulation monétaire exagérée, c'est que nous avons vu, au moment même où l'or faisait prime, le monnayage de l'or prendre une extension très-grande. A la Monnaie de Bruxelles nous avons fabriqué en 1874 pour plus de 82 millions d'or et en 1875 pour plus de 60 millions.

Nous avons vu ce que nous possédons de monnaie d'argent. Calculons ce que nous avons d'or et faisons l'inventaire de notre réserve métallique, or et argent. Nous n'avions en Belgique, en 1872, que 220 millions d'or belge. Nous y avons ajouté 82 millions en 1874 et 60 millions l'année dernière. Nous avons donc un peu plus de 360 millions d'or ; je ne tiens pas compte de la quantité fabriquée en 1876 dont j'ignore le chiffre.

En France il y a pour plus de 8 milliards d'or fabriqué. Par contre, en Italie, il n'y en a presque pas. En Suisse et en Grèce il n'y en a pas du tout.

Il résulte de ces chiffres qu'en Belgique nous avons par tête d'habitant 90 francs d'argent et 70 francs d'or, soit 160 francs de grosse monnaie. L'habitant de l'Union latine, prise en masse, a 50 francs d'argent et 120 francs d'or, soit 170 francs à sa disposition. Pour l'or comme pour l'argent il y a une réduction à faire à cause des refontes, des exportations, des pertes de toute nature; ces causes qui ont fait disparaître les monnaies romaines, les monnaies grecques, toutes les monnaies anciennes, ont exercé leur influence sur nos monnaies aussi; malgré son caractère durable, la monnaie est condamnée à disparaître petit à petit sous l'action dissolvante du temps.

Voilà notre stock monétaire; voilà ce dont nous disposons. Nous possédons le reliquat de ces fabrications, nous n'en connaissons pas le chiffre exact. Nous savons qu'il nous suffit et qu'il ne nous gène pas encore.

Nous avons une expérience à faire. Liés jusqu'au 1er janvier 1880 par la convention de 1865 qui a organisé l'Union latine, nous ne pouvons prendre utilement jusque-là que des mesures communes.

Assurément, chacun des alliés monétaires est libre de ne pas fabriquer. Il ne peut, sans le concours des autres, ni diminuer efficacement notre stock de pièces de cinq francs, ni leur enlever la vertu libératoire.

Profitons de cette période d'attente pour nous rendre bien compte de notre situation. Rendons-nous compte des inconvénients qui peuvent naître pour nous de cette situation mixte entre le double étalon, qui est le passé, et l'étalon d'or, qui est l'avenir, qui, plus ou moins atténué, est même le présent.

Avons-nous à craindre que, d'ici là, nos 50 francs d'argent, moyenne des fabrications de l'Union latine, nous restent seuls et que les 120 francs d'or, moyenne encore de l'Union latine, nous quittent?

Avons-nous à craindre le phénomène qui se produirait petit à petit, si nous avions encore le double étalon? J'ai déjà montré que non; l'étranger ne peut payer en Belgique qu'au moyen d'argent monnayé; il ne pourra acheter nos pièces de 5 francs

qu'à raison de leur valeur légale, c'est-à-dire en donnant en or un poids 15 $^1/_2$ fois moindre. Peut-être pourra-t-il en obtenir à des conditions quelque peu plus avantageuses, mais ce sera si insignifiant que cela ne provoquera pas ce grand travail de drainage que l'on craint.

Dans quelle hypothèse pourrions-nous être privés du stock d'or que nous possédons ? La crainte des partisans du simple étalon, c'est qu'à un moment donné nous ne nous trouvions avec nos 5 $^1/_2$ milliards d'argent, privés de nos 8 $^1/_2$ milliards d'or. Comment pourrait-on nous prendre cet or ? Il faudrait pour cela que la balance commerciale de l'Union latine se soldât vis-à-vis des pays étrangers par un déficit de 8 $^1/_2$ milliards. J'admets que, dans ce cas-là, on puisse nous prendre tout notre stock d'or et que, tout en voulant avoir l'étalon d'or, nous nous trouvions amenés à n'avoir plus que de l'argent. Mais l'hypothèse est ridicule. Si elle était vraie, dites-moi ce qu'il arriverait dans le cas où nous aurions préalablement démonétisé tout notre argent, ne conservant que notre or, ayant l'étalon d'or dans son sens le plus absolu ?

Il faudrait toujours payer cette balance de 8 $^1/_2$ milliards. Nous ne le pourrions qu'en remettant à l'étranger tout notre stock monétaire. Nous n'aurions plus d'argent, mais pas davantage d'or.

L'hypothèse est donc inadmissible. Si la balance commerciale de l'Union latine se solde en sa défaveur pendant une série d'années, ce sera pour des sommes relativement minimes que nous solderons en puisant dans nos 8 $^1/_2$ milliards une petite partie de ce stock métallique, sans faire tort à la circulation et probablement sans que les 5 $^1/_2$ milliards d'argent nous gênent plus qu'ils ne nous gênent aujourd'hui. Si nous en aliénions une partie notable, qui sait si nous ne le regretterons pas amèrement un jour, qui sait si nous ne devrions pas racheter cher l'argent que nous aurions vendu à vil prix !

Les circonstannces actuelles commandent une prudence excessive. La démonétisation de l'argent en Allemagne, quoiqu'il ne s'agisse que de quelques centaines de millions, a pesé lourde-

ment sur le marché monétaire à certains moments ; ç'a été à ce point qu'un certain nombre de personnes compétentes ont prétendu que cette cause avait contribué, autant que les causes majeures que j'ai indiquées tout à l'heure, à la dépréciation de l'argent sur le marché de Londres. Devons-nous, au moment où l'Allemagne comprend le tort qu'elle a eu de peser outre mesure sur le marché de l'argent, au moment où elle saisit un prétexte ou un motif pour augmenter son stock métallique argent, devons-nous à notre tour déprécier cette marchandise en vendant une partie de nos écus parce que quelques économistes sont d'avis que nous en avons trop ?

Nous marchons, Messieurs, à l'étalon d'or ; nous l'avons déjà aujourd'hui, nous l'aurons plus encore dans l'avenir, mais ne contribuons pas à déprécier davantage encore le métal argent que nous possédons. Si nous n'avilissons pas les prix, si nous ne précipitons pas la catastrophe, l'argent peut encore remplir un office de second ordre, très-utile, indispensable même. Attendons qu'une expérience plus longue nous ait démontré que des inconvénients sérieux s'attachent à la possession d'un stock monétaire argent aussi considérable que celui que nous possédons aujourd'hui. Restons dans une prudente expectative et n'agissons que lorsque nous saurons avec certitude ce que commande la situation.

Voilà mon sentiment, Messieurs, je serais charmé de l'avoir fait partager par l'assemblée ; s'il en était autrement, je serais heureux qu'elle le discutât. Je suis prêt à lui fournir tout renseignement complémentaire, pour autant que je le possède. (*Applaudissements.*)

De la conversation qui suivit cette conférence, il a paru utile de conserver les passages suivants :

M. Ch. de la Vallée-Poussin. — Je demanderai à M. Jacobs un éclaircissement historique. Comment se fait-il que lorsque la production de l'or s'est augmentée à partir de la découverte des mines d'or de la Californie et de l'Australie dans une proportion telle que de 300 à 400 millions elle a été portée à 600 et à 700

millions, il ne se soit pas présenté en sens inverse une baisse comme celle qui s'est produite pour l'argent.

La découverte des mines d'argent de la Sierra-Nevada est très-récente. La production de l'argent a augmenté dans des proportions considérables, mais non dans les mêmes conditions que celle de l'or.

M. V. Jacobs. — Je ne prétends pas donner une réponse satisfaisante à la question qui vient de m'être posée. Il est incontestable qu'il n'y a pas de proportion entre l'augmentation de la production de l'or, qui s'est produite à cette époque, et la diminution de sa valeur.

Cette absence de concordance dépend de causes multiples qu'il est bien difficile de préciser. L'une de ces causes est le développement très-grand qu'ont pris, à cette époque, les pays aurifères et les territoires voisins. L'Australie date, peut-on dire, de cette époque, la Californie également. Il s'est donc créé des milieux civilisés nouveaux qui ont absorbé eux-mêmes des quantités assez considérables de cet or qu'ils concouraient à produire, consommateurs nouveaux, d'autant plus considérables qu'ils se sont trouvés riches d'emblée.

Une autre cause est le développement considérable de la richesse publique, de l'activité industrielle et commerciale de l'Europe dans cette période. C'est l'époque de la création de la plupart de nos chemins de fer; c'est l'époque où une foule de valeurs de bourse, inconnues autrefois, ont été créées, ont pris un essor inouï et où, par conséquent, le signe métallique a occupé une place plus grande que précédemment. Il a fallu plus de métal alors pour rendre les services que rend le signe monétaire qu'il ne le fallait précédemment. Si le monde n'avait pas vu se créer ces ressources nouvelles, la pénurie d'or et d'argent, eu égard aux besoins, eût causé au commerce de grands embarras; nous aurions vu les métaux monnayés, devenus rares, monter à un taux très-élevé et le prix des choses baisser en raison inverse. La découverte des placers de la Californie a été en quelque sorte providentielle; elle a tiré le monde d'embarras en lui fournissant un capital monétaire supplémentaire.

Il est difficile, je le répète, d'établir une connexité entre des raisons de ce genre et un phénomène matériel, palpable par lui-même. Je pense néanmoins que cette seconde raison a été la plus décisive. Cet exemple du passé doit nous rendre très-défiants à l'égard de ceux qui veulent réduire étroitement notre stock monétaire. On a souffert plus souvent du manque de numéraire que de la surabondance de la monnaie.

J'ajouterai enfin que l'énorme frappe d'or faite en France à cette époque a contribué au maintien de la valeur du lingot d'or plus encore que les limites imposées aujourd'hui par l'Union latine à la frappe de l'argent n'ont contribué à la baisse du lingot d'argent.

DE L'ÉVOLUTION

DE

L'APPAREIL A SONNETTES DU CROTALE

D'APRÈS DARWIN;

PAR

M. l'abbé A. LECOMTE,

DIRECTEUR DE L'ÉCOLE NORMALE DE L'ETAT A MONS.

On sait que Darwin aborde rarement avec quelque détail l'évolution d'un organe quelconque. A cet égard, il se borne le plus souvent à des généralités. Lorsque le célèbre naturaliste essaye effectivement d'exposer la genèse ou le mode de développement d'un organe ou appareil choisi, on est autorisé à penser que, dans ces cas particuliers, il a cru trouver un terrain propre à faire valoir son système. Il est donc intéressant d'examiner si, en réalité, ces théories partielles contribuent à rendre plus acceptable le système général de l'évolution.

C'est ce que nous allons faire au sujet de l'évolution supposée de l'appareil de résonnance du Crotale. Darwin a abordé ce problème dans son ouvrage : *L'expression des émotions chez l'homme et les animaux*. Voici la solution qu'il en présente :

« Puisque j'ai parlé si longuement des serpents, je suis tenté d'ajouter quelques remarques sur la manière dont les grelots du serpent à sonnettes ont été probablement développés. Divers animaux, entre autres quelques sauriens, courbent leur queue ou la font vibrer lorsqu'ils sont irrités. Tel est aussi le cas chez plusieurs espèces de serpents. Dans les jardins zoologiques, une espèce inoffensive, le *Coronella Sayi*, fait vibrer sa queue si

rapidement qu'elle devient presque invisible. Le Trigonocéphale, indiqué plus haut, a la même habitude, et l'extrémité de sa queue est un peu grossie et se termine en une espèce de grain de chapelet. Chez le *Lachesis* qui est si étroitement allié au serpent à sonnettes, qu'il a été placé par Linné dans le même genre, la queue se termine en une pointe ou écaille, unique, large et en forme de lancette. Selon la remarque de Shaler, il est des serpents dont la peau *se détache plus imparfaitement dans la région caudale que dans les autres parties du corps.*

» Maintenant si nous supposons que le bout de la queue d'une ancienne espèce américaine était élargi et recouvert par une seule grande écaille, celle-ci n'aurait guère pu se détacher à chaque mue successive. Dans ce cas, elle aurait été retenue d'une manière permanente, et à chaque période de croissance, à mesure que le serpent devenait plus fort, une nouvelle écaille plus grande que la précédente se serait formée au-dessus de celle-ci, et se serait pareillement conservée. La base pour le développement d'une sonnette aurait été ainsi posée, et cet organe serait devenu d'un usage habituel, si l'espèce, à l'instar de beaucoup d'autres, faisait vibrer sa queue dans les moments d'irritation. Que la sonnette a été *depuis* spécialement développée pour servir efficacement comme instrument de résonnance, c'est ce qui ne peut guère être révoqué en doute, car les vertèbres mêmes qui terminent la queue ont été modifiées dans leur forme et sont soudées. La modification, d'ailleurs, de structures diverses, — telles que la sonnette du serpent à sonnettes, les écailles latérales de l'Echis, le cou du cobra avec les côtes qu'il renferme, et tout le corps du serpent-souffleur, — dans le but d'écarter et de mettre en fuite les ennemis de ces animaux, n'est pas plus improbable que la modification qui a atteint toute l'organisation d'un oiseau, c'est-à-dire, de l'admirable Secrétaire (*Gypogeranus*), pour lui permettre de tuer impunément les serpents. A en juger d'après ce que nous avons vu antérieurement, cet oiseau hérissait probablement ses plumes toutes les fois qu'il attaquait un serpent. Et certainement chez le *Herpestes,* lorsqu'il s'élance avec furie à l'attaque d'un serpent, tout le poil se dresse sur le

corps et particulièrement sur la queue. Nous avons vu aussi que certains porcs-épics, sous l'impression de la colère ou de l'alarme causée par la vue d'un serpent, font vibrer rapidement leur queue en produisant ainsi un son particulier par le frottement les uns contre les autres de leurs piquants creux. De sorte qu'ici les assaillants et les assaillis, tout à la fois, essaient de se rendre réciproquement aussi terribles que possible; et les uns et les autres possèdent adaptés à ce but des moyens qui, par un fait assez bizarre, sont presque les mêmes dans certains cas. En résumé, nous pouvons comprendre que si, d'une part, parmi les serpents, les individus mêmes qui étaient les plus propres à mettre en fuite leurs ennemis, ont le mieux échappé au danger d'être dévorés; et si d'autre part, parmi leurs ennemis, ceux-là ont survécu en plus grand nombre qui ont été le mieux doués pour la dangereuse tâche de tuer et de dévorer les serpents venimeux; il en résultera, dans un cas comme dans l'autre, que les variations utiles, en supposant variables les caractères en question, auraient été surtout conservées par la survivance du plus apte (1). »

Ainsi, en somme, voici les traits essentiels de l'hypothèse de Darwin :

Chez *quelques* serpents la peau, aux époques de la mue, se détache plus imparfaitement à la queue qu'ailleurs. Si donc, nous dit Darwin, on suppose qu'une ancienne espèce de serpents américains avait la queue élargie et recouverte par une seule grande écaille, à peu près comme chez le *Lachesis*, cette écaille terminale n'aurait guère pu se détacher aux mues successives. Elle aurait donc été conservée d'une manière permanente, et à chaque période de la croissance, une écaille *plus grande* se serait formée au-dessus de la dernière : on aurait eu de la sorte un point de départ pour le développement de la sonnette. *Depuis lors* (*since*), il n'est guère douteux que l'appareil ait été modifié

---

(1) Ch. Darwin, *The expression of the emotions in man and animals*, pp. 108-111. London, 1872.

pour servir comme instrument de résonnance, car les dernières vertèbres caudales elles-mêmes *ont été altérées dans leur forme et se sont soudées ensemble.* Ces sortes de modifications, d'ailleurs, *n'ont rien de plus improbable* (*there is no greater improbability*), nous dit le savant anglais, que le cas du Secrétaire (Gypogeranus) *qui a été modifié dans toute son organisation.* Dans un cas comme dans l'autre, les individus modifiés ayant plus de chances de survie dans la concurrence vitale, les modifications auraient été surtout conservées par la sélection naturelle.

Or, à cette hypothèse de Darwin sur le développement de l'appareil à sonnettes, nous avons à faire une observation préalable. L'explication, comme on le voit, suppose que la sonnette est un instrument de protection pour le Crotale, parce que par là celui-ci *avertit et met en fuite ses ennemis* (1). Nous admettons parfaitement que le bruit de cet appareil peut donner l'éveil aux animaux que rencontre le serpent à sonnettes. Mais ce bruit en lui-même n'a rien de terrible, et nous ne concevons pas qu'il puisse effrayer et mettre en fuite les espèces qui font la chasse au Crotale. En réalité, nous voyons, au témoignage de Darwin lui-même, les porcs employés aux États-Unis pour purger des serpents à sonnettes les contrées qui en sont infestées, s'acquitter de leur tâche avec un plein succès, sans s'émouvoir du bruissement de la sonnette. A peine ont-ils aperçu un serpent qu'ils se précipitent pour l'assaillir ; celui-ci, au contraire, s'esquive immédiatement à la vue du porc (2). En revanche, pour les victimes ordinaires de ce dangereux reptile, il y a là un avertissement qui les tient en garde, et leur permet souvent de s'échapper. Et même, d'après les principes du darwinisme, elles doivent profiter de plus en plus de l'avertissement, avec la suite des générations, car les individus les plus défiants et les plus prompts à fuir doivent laisser une plus nombreuse descendance qui hérite de leurs dispositions. L'appareil à sonnettes devrait donc être plutôt

(1) *Opere citato*, p. 110.
(2) *Opere citato*, p. 108. — Cf. Dr R. Brown, *Proc. Zool. Soc.*, 1871. p. 39.

considéré comme un frein à la trop grande multiplication des Crotales, en protégeant les animaux qu'ils menacent; et par conséquent l'explication de son développement au moyen de la sélection naturelle, serait un non-sens.

Et nous sommes heureux de pouvoir ici invoquer l'autorité d'un naturaliste très-distingué, S. George Mivart.

« Chez les serpents venimeux aussi, nous dit ce savant, nous rencontrons des structures qui, dans tous les cas, semblent à première vue positivement nuisibles à ces reptiles. Tels sont les grelots du serpent à sonnettes et le cou distendu (ou capuchon) du cobra, les premiers paraissant destinés à avertir l'oreille de la victime cherchée, comme le dernier avertit l'œil. A la vérité, nous ne saurions peut-être établir que les victimes sont effrayées et mises en éveil, mais, à s'en tenir aux principes du darwinisme, elles doivent certainement l'être. Parmi les animaux, en effet, qui servent de pâture aux serpents, les plus étourdis et les plus imprudents seront toujours exposés à devenir leurs victimes; et les individus actuels étant, à travers une longue suite de générations, les descendants des timides et des prudents, ils doivent avoir hérité une défiance instinctive à l'égard, entre autres objets, des serpents à sonnettes et à capuchon [1]. »

Dans son *Origine des espèces,* Darwin mentionne cette objection, mais il s'excuse sur le *défaut d'espace,* pour ne pas la considérer en détail.

« On admet, nous dit-il, que le serpent à sonnettes a un crochet venimeux pour sa propre défense et pour la destruction de sa proie. Mais quelques auteurs supposent que ce serpent est, en

---

[1] « In poisonous serpents, also, we have structures which, at all events at first sight seem positively hurtful to those reptiles. Such are the rattle of the rattlesnake, and the expanding neck (or hood) of the cobra, the former seeming to warn the ear of the intended victim, as the latter warns the eye It is true we cannot perhaps demonstrate that the victims are alarmed and warned, but, on Darwinian principles, they certainly ought to be so; for the rashest and most incautious of the animals preyed on would always tend to fall victims, and the existing individuals being the long-descended progeny of the timid and cautious, ought to have an inherited tendency to distrust, amongst other objects, both « rattling » and « expanding » snakes. » S. George MIVART, *On the genesis of species,* 2nd ed.. pp. 55-56. London, 1871.

même temps, muni d'une sonnette à son propre détriment, c'est-à dire, pour faciliter, par un signal, la fuite de l'animal menacé. Je croirais presque aussi volontiers que le chat, au moment où il va s'élancer sur la souris condamnée, courbe l'extrémité de sa queue pour l'avertir. *Mais l'espace me manque ici pour examiner en détail ce cas et d'autres semblables* (1). »

Dans l'*Expression des émotions* où Darwin étudie *ex professo* les causes du développement de la sonnette du Crotale, l'espace paraît lui avoir encore manqué pour examiner l'objection présentée : il ne la mentionne même pas. En attendant donc que le naturaliste anglais se décide à aborder sérieusement cette difficulté, nous ferons remarquer le manque absolu de justesse dans la comparaison qu'il établit entre le bruit de la sonnette du Crotale et les ondulations de la queue du chat.

Ces dernières, en effet, ne sont qu'un résultat de l'excitation générale de l'animal ; elles ne semblent guère avoir une influence quelconque sur la proie. Dans tous les cas, Darwin lui-même ne cherche pas du tout à expliquer par la *survivance du plus apte*, le développement de ce phénomène émotionnel chez le chat. Voici ce qu'il nous dit d'abord à cet égard :

« Il n'y a pas de cause assignable pour rendre raison, d'une manière certaine, des mouvements de la queue qui se courbe et ondule d'un côté à l'autre (2). »

Quelques lignes plus loin Darwin ajoute pourtant :

« Il semblerait que, sous l'empire d'une excitation violente, il existe une tendance irrésistible à produire un mouvement quelconque, par suite de la force nerveuse qui se dégage en abondance du sensorium ; et comme la queue reste libre, et que ses mouvements ne troublent pas l'attitude générale du corps, elle se courbe et ondule de part et d'autre (3). »

Telle est donc la manière de voir de Darwin au sujet de ces ondulations de la queue du chat, au moment où il va se préci-

---

(1) Ch. Darwin, *On the origin of species,* 5th ed., pp. 247-248.
(2) Ch. Darwin, *The expression of the emotions,* p. 127.
(3) *Ibidem,* p. 128.

piter sur une proie : ou bien elles ne s'expliquent pas, ou bien elles ne peuvent s'expliquer que par l'influence de l'excitation du sensorium. En ce qui regarde, au contraire, les vibrations sonores des sonnettes du Crotale, Darwin y voit un moyen de protection pour ce serpent, et c'est à raison de cette utilité, qu'il explique la conservation et le développement de l'appareil. Le rapprochement indiqué par le naturaliste anglais n'a donc rien de sérieux, puisque les deux cas sont, à son propre point de vue, absolument dissemblables. Mais dès le moment où, pour rendre raison du développement de l'appareil à sonnettes, Darwin argue de son utilité pour l'animal, il ne suffit pas d'affirmer cette utilité, il faut l'établir.

Ce point, condition *sine qua non* de l'hypothèse de Darwin sur le développement des sonnettes du Crotale, reste donc indécis, et même, à notre avis, peu probable. Mais admettons comme établi que cet appareil de résonnance ait été donné au Crotale pour favoriser sa multiplication en terrifiant ses ennemis, évidemment cela ne suffit pas pour nous faire croire au développement de l'organe par voie d'évolution. Nous pouvons tout aussi bien l'envisager comme un caractère primitif de l'espèce. Naturellement, faire ici, d'une manière purement incidente, la discussion comparée des deux systèmes, n'est pas chose possible; mais puisque dans le cas présent, Darwin a cru trouver un exemple particulièrement satisfaisant pour appliquer en détail ses idées évolutionnistes, voyons s'il y a réussi. Or, il est facile de le montrer, le problème que s'est posé Darwin relativement au Crotale, n'est nullement résolu.

Et, en effet, 1° Darwin néglige précisément le nœud essentiel de la question. Pour avoir le point de départ de la formation de la sonnette, il suppose, comme souche au Crotale, l'existence primitive d'une espèce ophidienne, aujourd'hui éteinte, qui aurait porté à l'extrémité élargie de la queue une *écaille unique*. C'est bien ! Mais dans le système de l'évolution, il fut un temps où il n'existait aucun serpent dont la queue eût le bout élargi et portant une écaille unique. Pour expliquer la formation lente de la sonnette, le problème essentiel du transformisme est donc d'in-

diquer une cause intelligible à l'apparition de cette première écaille. Or, ce *desideratum* n'est pas même mentionné par Darwin.

2° Accordons que chez une espèce ophidienne jusque-là dépourvue de tout appendice écailleux au bout de la queue, il soit apparu un jour, par une déviation au type ancestral, une écaille ou un rudiment d'écaille terminale. Comment cet organe se sera-t-il conservé et développé chez les descendants? D'après Darwin, c'est la sélection naturelle qui aura fait tout cela, à raison de l'utilité de l'organe. Mais cette explication est absolument inadmissible. Une écaille isolée, un rudiment d'écaille surtout, — et d'après le darwinisme tous les organes ont eu des commencements rudimentaires, — ne saurait former un appareil de résonnance. Or, c'est un tel appareil qui, à en croire Darwin, aurait accru les chances de survie. A la première apparition de l'organe, il n'y a donc là rien qui puisse être fixé par la sélection naturelle. Par conséquent, le croisement des individus doués de l'appendice avec ceux qui en étaient dépourvus, l'aurait bientôt fait disparaître. C'est ce qui se voit tous les jours pour nos races domestiques, lorsque les éleveurs négligent la sélection artificielle des individus dont ils veulent perpétuer les caractères.

3° Mais enfin admettons comme durable l'existence de cette ancienne espèce qui aurait acquis un élargissement du bout de la queue avec une écaille terminale unique, Darwin y voit la souche du serpent à sonnettes. Par suite, nous dit-il, de l'imperfection de la mue à la région caudale, l'écaille unique n'aurait guère pu se détacher lors de cette phase physiologique des races ophidiennes. Cette écaille restant, une nouvelle écaille plus grande se serait formée au-dessus, et se serait également conservée à la mue, et ainsi de suite.

Mais cette série de formations imaginées pour les besoins du système, manque complétement de base.

Et d'abord, de ce que l'observation a constaté *chez quelques serpents* (*with some snakes*) [1], que la mue est plus imparfaite

---

[1] Cf. *Opus citatum*, p. 109.

dans la région caudale, il ne s'ensuit pas du tout que l'écaille dût rester adhérente d'une manière permanente. La seule chose qui fût à prévoir dans ce cas, c'est que l'écaille serait en cet endroit plus lente à se détacher.

De plus, puisque l'imperfection de la mue à la queue n'a été constatée que chez quelques espèces, c'est sans fondement sérieux que Darwin crée, pour les besoins de la cause, une espèce primitive qui réunissait ce caractère à toutes les autres conditions arbitraires qu'il lui attribue.

Enfin puisque Darwin commence d'abord par supposer simplement l'existence d'un serpent qui, par une loi propre de sa croissance, produit une écaille *unique, sui generis,* à l'extrémité de la queue, comment est-il autorisé à conclure que cette même loi, dans le cas d'une mue imparfaite, provoquera l'apparition de nouvelles écailles semblables, de remplacement, ailleurs qu'à l'extrémité de la queue? Évidemment, ou bien cette loi sera satisfaite par la permanence de l'écaille primitive, ou bien à cette même extrémité une nouvelle écaille se formera sous l'ancienne et poussera celle-ci complétement dehors en achevant la mue. Et de fait la supposition qu'un serpent présentant cette particularité d'une écaille de conformation spéciale au bout de la queue (1) doive subir sous l'influence des mues l'évolution progressive indiquée par Darwin, est démentie par l'analogie. Nous connaissons, en effet, un serpent, le *Lachesis*, dont la queue, comme nous le dit Darwin, *se termine en une pointe ou écaille, unique, large, en forme de lancette; — the tail ends in a single, large, lancet shaped point or scale* (2). — Or, l'histoire de ce serpent ne présente rien qui appuie l'hypothèse évolutionniste de Darwin.

Il y a plus : le développement individuel de l'appareil à sonnettes du Crotale ne suit pas des lois qui concordent avec la théorie darwinienne relativement à l'origine de cet organe. Si,

---

(1) On sait que tous les vrais serpents ont le tégument écailleux. Mais Darwin manifestement, comme point de départ au développement d'une sonnette, suppose une écaille exceptionnelle tout à la fois dans sa situation et dans sa forme.

(2) Cf. DARWIN, *The expression of the emotions*, p. 109.

en effet, les vues de Darwin à cet égard étaient exactes, il serait naturel de s'attendre à voir croître proportionnellement au nombre des mues, le nombre des étuis cornés qui composent la sonnette. Or, l'observation a démontré qu'il n'y a aucune relation entre ces deux nombres. « Le développement de la sonnette est irrégulier, nous dit Duméril dans son grand ouvrage erpétologique, et le nombre des pièces dont elle se compose ne peut servir à la détermination de l'âge [1]. »

4° Mais ce n'est pas tout : il y a loin encore d'une chaîne d'écailles à l'appareil à sonnettes. Pour faire un instrument approprié de résonnance, il faut une nouvelle évolution ou modification dans les écailles. Seulement Darwin oublie que jusqu'ici il n'a parlé que de *si* et de *peut-être*, et toutes ces formations d'écailles, suivant une loi d'abord présentée d'une manière dubitative, deviennent aussitôt un *fait acquis*, d'où il part pour s'engager dans de nouvelles hypothèses. Écoutons-le :

« Que la sonnette a été *depuis* spécialement développée pour servir efficacement comme instrument de résonnance, il n'est guère permis d'en douter, car les vertèbres mêmes qui terminent la queue, ont été modifiées dans leur forme et sont soudées [2]. »

Sans doute, si primitivement le Crotale avait comme seule particularité distinctive de la queue une chaîne d'écailles, il faut bien admettre que *depuis* il y a eu des modifications. Mais à cette nouvelle induction hypothétique dont il a absolument besoin, Darwin donne seulement comme preuve une autre hypothèse. Car de ce que les vertèbres caudales s'écartent, dans leur forme, du type ordinaire, il ne s'ensuit pas qu'elles aient pourtant jamais été modifiées dans la suite des temps. En l'affirmant, et en nous apportant cette affirmation comme preuve de la modification parallèle des écailles caudales, Darwin tombe manifestement dans le sophisme, dans un véritable *cercle vicieux*, puisqu'il

---

[1] Duméril, *Erpétologie générale*, t. VII, p. 1470. Paris, 1854.
[2] Darwin, *The expression of the emotions*, pp. 109-110.

prouve l'évolution dans un cas par un exemple d'évolution tout aussi hypothétique et qui devrait lui-même être préalablement établi.

Au reste, même en se plaçant au point de vue du darwinisme pour l'interprétation de la structure particulière des vertèbres caudales, et en admettant qu'à cet égard l'espèce a subi des modifications dans la suite des temps, on ne voit pas comment cela prouverait que les écailles de la queue du Crotale ont subi également des modifications pour les transformer en grelots. Ce sont là deux cas d'évolution absolument distincts; l'un n'entraîne pas l'autre. En réalité, selon la remarque parfaitement juste de Duméril, ces modifications dans les vertèbres terminales du Crotale ont des analogies avec celles que présentent souvent les trois dernières pièces du coccyx chez l'homme (1). D'après le darwinisme, les caractères du coccyx ne sont que le résultat des altérations que le temps a produites dans la queue de nos ancêtres velus. Or, évidemment ces modifications chez l'homme n'ont rien qui, même au point de vue du darwinisme, puisse les rattacher à l'évolution d'un appareil quelconque de résonnance.

5° Darwin, à la vérité, tient à présenter d'autres considérations en faveur de la transformation complète des écailles en instrument de résonnance, et il nous les énonce ainsi :

« La modification de diverses structures, — telles que la sonnette du serpent à sonnettes, les écailles latérales de l'Échis, le cou du cobra avec les côtes qu'il renferme, et tout le corps du serpent-souffleur, — dans le but d'avertir et d'éloigner les ennemis de ces animaux, n'est pas plus improbable que la modification qui a atteint toute l'organisation d'un oiseau, à savoir, de l'admirable Secrétaire (*Gypogeranus*), pour lui permettre de tuer impunément les serpents (2). »

Sans doute, — on doit l'accorder sans difficulté, — les modifications indiquées du Crotale, de l'Échis, du cobra et du serpent-

---

(1) DUMÉRIL, *Erpétologie générale*, t. VII, p. 1457. Paris, 1854.
(2) DARWIN, *Opere citato*, p. 110.

souffleur, ne sont pas plus difficiles à admettre que la modification qui aurait atteint toute l'organisation du Secrétaire. Mais comme personne n'a établi que le Secrétaire ait jamais été modifié dans son organisation, ici encore, l'argument présenté est une simple affirmation de l'évolution qui est précisément en question.

Dans toute cette explication imaginée par Darwin pour rendre raison du développement supposé de l'appareil à sonnettes, il n'y a donc rien de satisfaisant. Il n'y a là qu'une suite d'affirmations sans base, et un enchevêtrement d'arguments dépourvus de lien logique. Cet exemple particulièrement choisi par Darwin pour mettre en lumière les ressources de sa théorie, n'aboutit donc, à notre avis, qu'à faire éclater d'une manière remarquable les côtés faibles et les vices du système.

DE LA

DÉPOPULATION DES CAMPAGNES;

PAR

M. Léon T'SERSTEVENS.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE DU 29 JANVIER 1876.

Pourquoi nos campagnes se dépeuplent-elles au bénéfice des villes et des grands centres industriels?

Comment se fait-il que nous ayons des trains spéciaux sur toutes nos lignes de chemin de fer, les trains ordinaires étant insuffisants, pour enlever les travailleurs des campagnes et les transporter dans les mines, les usines ou les villes?

C'est là une question à laquelle l'on peut facilement répondre : c'est que l'équilibre est rompu entre les conditions économiques du travail dans les villes et les usines d'une part, et dans les campagnes d'autre part.

C'est que partout le travailleur doit obéir aux grandes lois de la lutte pour la vie. Le travail dans les exploitations rurales ne lui donne plus l'argent représentant les quantités de denrées alimentaires et les vêtements nécessaires pour lui et pour les siens.

L'ouvrier agricole doit demander aux travaux industriels un salaire plus élevé; c'est donc pour vivre et faire vivre les siens

qu'il subit la dure mais pressante nécessité d'abandonner le foyer domestique pour toute la semaine, quelquefois pour des mois ou des saisons entières.

J'entends dire par quelque misanthrope : ce qui fait déserter les travaux agricoles, c'est l'appât de la jouissance; c'est le vice, c'est l'ivrognerie qui trouve dans les villes des aliments et des satisfactions nombreuses et malsaines que ne permettent pas la vie intime du village et le voisinage de la famille.

Non, Messieurs, cela n'est pas. Parcourez les logements des ouvriers étrangers qui viennent apporter le concours de leurs bras, de leur force, de leur intelligence au développement de la richesse urbaine et industrielle, et vous verrez que rien n'est plus faux.

Écoutez les conversations, voyez quelles sont les privations que s'imposent ces hommes, et alors vous comprendrez facilement que c'est l'amour vrai de la famille qui agit le plus souvent, — oh! je le sais, il y a de tristes, de malheureuses exceptions! — mais le plus souvent, comme je le disais, c'est pour donner le pain, le vêtement et le logement à sa famille, que l'ouvrier des campagnes se résigne douloureusement à cette séparation, subit la dure nécessité de s'enterrer dans une houillère, de s'exposer aux foyers incandescents des forges et des autres industries, qu'il se livre au travail toujours pénible, souvent dangereux, quelquefois mortel de la grande industrie.

Mais pourquoi donc ces travailleurs ne peuvent-ils pas gagner à la campagne le pain que demandent leurs enfants?

Comment se fait-il que l'industrie puisse vous enlever à vous, agriculteurs, ces hommes dont l'absence vous cause un si grand préjudice?

Comment l'industrie peut-elle supporter les charges qu'entraînent un déplacement journalier, ou au moins hebdomadaire, et la vie hors de la maison paternelle ou du domicile conjugal?

Messieurs, c'est que les charges sociales sont réparties de telle sorte, que ce sont précisément les agriculteurs qui en supportent la plus grande part, alors que les avantages et les facilités du

crédit, des moyens de transport, des traités de commerce vont directement aux industriels et aux commerçants.

Les agriculteurs ne jouissent pas de la puissance de la mobilition des capitaux, qui peut doubler, tripler l'action de la valeur monétaire ou fiduciaire : ils n'ont pas les avantages des transports à prix réduits que le chemin de fer accorde à l'industrie.

Et l'on ne se préoccupe pas, dans les sphères gouvernementales des intérêts de l'agriculture, lorsque l'on discute une convention internationale ou un traité de commerce.

Porter toute la puissance d'action d'un pays, d'un gouvernement, vers une partie, une fraction quelconque de l'activité humaine, c'est développer cette branche gourmande au détriment des autres et de tout l'arbre social.

L'agriculture seule est exclue de la sphère d'action de notre plus grand établissement financier, j'ai nommé la Banque Nationale.

Cette banque jouit presque gratuitement de l'encaisse de l'État, elle a le privilége d'émettre du papier-monnaie, des billets de banque qui sont reçus dans les caisses de l'État.

Elle jouit d'un énorme capital qui ne lui coûte rien ou peu de chose et malgré ces priviléges, ces avantages et son titre de Banque Nationale, elle n'est qu'une banque industrielle et commerciale.

La Banque Nationale a escompté en 1873, au taux moyen de 5,06 p. °/₀, 1,952,043,671 francs.

Elle a admis en 1873 :

1,442,340 effets payables en Belgique.

224,950 de ces effets ne dépassaient pas 100 francs.

319,409 s'élevaient de 101 à 200 francs.

431,008 de 201 à 500 francs.

466,975 dépassaient 500 francs.

En 1874, la Banque Nationale a escompté, au taux moyen de 4,37 p. °/₀, 1,869,445,772 francs.

Elle a admis en 1874 :

1,530,072 effets payables en Belgique.

Les effets inférieurs à 500 francs représentent 68,59 p. °/₀ de l'ensemble des effets escomptés.

En 1875, la Banque Nationale a escompté, au taux moyen de 3,85 $^{4}/_{5}$ p. $^{o}/_{o}$, 1,832,126,504 francs.

Elle a admis en 1875 :

1,625,820 effets payables en Belgique.

Ainsi donc, dans les moments de crises commerciales et industrielles, si l'importance des affaires diminue et réduit le chiffre global des capitaux escomptés, le nombre des effets augmente.

Peut-on donner une preuve plus concluante des services que la Banqne Nationale rend à la généralité des commerçants et des industriels ?

Si l'on prétend que le nombre des effets n'est pas augmenté par la gêne, l'on doit reconnaître que la sphère d'action de la Banque, que sa clientèle augmente singulièrement. Autre preuve des bienfaits qu'elle répand.

Pourquoi l'industriel agricole seul est-il privé de son précieux concours?

Mais ce n'est pas tout, si l'agriculteur jouissait aussi des bienfaits de la mobilisation des capitaux, le taux de l'escompte pourrait s'en ressentir, devenir plus élevé, et enlever ainsi à l'industrie et au commerce un élément de prospérité factice anormale, et par cela même nuisible aux intérêts de l'agriculture et de la prospérité vraie du pays entier.

Les états de recette des percepteurs d'impôt foncier, des receveurs des contributions, démontrent que ce sont les campagnes qui payent d'abord leur impôt, que la contribution est payée d'avance par les seuls agriculteurs.

L'encaisse de l'État, fourni en majeure partie par la campagne, sert donc à alimenter, à développer la prospérité industrielle et commerciale, le campagnard seul est privé des bénéfices que procure l'escompte aux autres producteurs dans le pays.

Passons maintenant à cet autre élément de prospérité, à ce puissant levier du progrès et de la richesse, au chemin de fer.

Ce sont encore une fois les campagnes qui fournissent en majeure partie l'argent nécessaire pour la construction de ces magnifiques voies de communication rapide, puisque ce sont les campagnes qui supportent la plus large part des impôts. Et

ce sont encore les campagnes qui procurent les bras nécessaires pour leur création, pour l'achèvement de plus en plus complet de ce réseau que le monde entier nous envie.

Et cependant, les locomotives et les wagons ne sont vraiment au service que du commerce et de l'industrie, et tout particulièrement de la métallurgie, de l'industrie charbonnière, du commerce d'importation.

L'agriculture est exclue des bénéfices des tarifs de faveur prodigués à l'industrie. Pour obtenir un wagon, à l'effet de transporter ses instruments, certains de ses produits, plusieurs de ses éléments de production, elle paye double taxe.

Le réseau de nos routes pavées et empierrées couvre le pays; et, s'il présente encore des lacunes, s'il existe des communes privées des moyens de communication pour les transports qui doivent s'effectuer sur axe, ce sont des communes rurales, dont les habitants se livrent exclusivement à l'industrie agricole.

Pour la nation, est-il un citoyen plus utile que l'agriculteur? — Au point de vue intellectuel, est-il un travailleur qui doive posséder plus d'aptitudes diverses que le chef d'une exploitation agricole? — Hier il n'était encore que vendeur et producteur; il devait connaître certaines lois de la science agricole; la nature, la puissance de production du sol de son exploitation, et il n'avait que la méthode expérimentale pour posséder cette science. Il devait connaître les lois et l'économie de la multiplication et de l'alimentation de certaines races animales; il devait être en état de mener à bien des travaux dont la sphère d'action comprend une suite d'années, et une multiplicité, une variété d'opérations tout à fait extraordinaire.

Aujourd'hui il doit être chimiste et mécanicien. En outre, il doit connaître tous les événements politiques et économiques qui peuvent, en fort peu de temps, l'obliger à modifier la marche de sa culture.

La guerre de sécession en Amérique diminua l'importation du coton, augmenta la valeur du lin; il fallut que la culture de cette plante textile prît à cette époque un nouvel essor en Europe. Demain la culture des légumes et des fourrages devra

peut-être remplacer d'autres emblavures, dont les produits pourraient ne plus être rémunérateurs.

Messieurs, des hommes de science, comme vous l'êtes tous, habitués aux discussions, à l'étude, faisant de l'examen approfondi d'une question une obligation à laquelle l'homme qui aspire à l'honneur de mériter votre attention doit se soumettre, peuvent me permettre de préciser les faits.

Lorsque les études des savants naturalistes, des chimistes et des physiciens eurent démontré à l'évidence qu'il existe une harmonie parfaite dans les lois de la production agricole; que le laboureur qui travaille son champ, comme l'ont fait ses pères, obéit à de grandes lois qu'il suit inconscient, mais qui, si elles sont étudiées de près, permettent de déterminer les causes et les effets des diverses fonctions des instruments aratoires; des amendements, ces autres instruments destinés à modifier l'état naturel et constitutif du sol; des matières fertilisantes; et enfin des avantages que présente telle ou telle succession de cultures; il fut reconnu alors qu'en poussant cette étude à ses dernières limites, l'on pourrait obtenir ce double résultat : produire davantage et produire à moins de frais.

Je ne veux citer que peu de noms propres.

Est-ce l'école allemande qui, la première, a fait les grandes, les sublimes découvertes qui seules peuvent encore faire espérer que l'Europe, surtout la zone tempérée du continent, pourra continuer à se livrer à la culture des céréales? — Ou bien, est-ce l'école française? — C'est un point que je ne veux pas examiner.

Mais il est certain que l'Allemagne possédait la première des stations agricoles expérimentales.

Messieurs, je ne sais si vous connaissez tous les fonctions de ces établissements, le but qu'ils cherchent à atteindre, les services qu'ils rendent.

Une station agricole complète doit avoir un laboratoire de chimie, pour faire les analyses de toutes les matières dont la composition peut exercer une influence sur l'industrie agricole : analyse des matières fertilisantes; analyse des denrées alimen-

taires; analyse des terres et des récoltes; en un mot, de l'eau, de l'air et de la matière.

Un champ d'expérience pour faire des essais sur la nature du sol et les conditions atmosphériques de la localité; des cases de végétation où les essais dégagés de tout contact capable de troubler le jeu et le fonctionnement des matières, peuvent s'effectuer dans les meilleurs conditions.

Une serre-abri, où les plantes, mises au contact de l'air, sont cultivées dans l'eau distillée et le sable calciné, comme dans le sol que l'on veut étudier, afin de pouvoir connaître quelles sont les ressources atmosphériques et les qualités que doivent posséder les terres pour obtenir, aux moindres frais, la plus grande somme de produits possible.

Une station agricole bien complète doit encore posséder une étable, où l'on puisse étudier les conditions de production, d'élevage ou d'engraissement du bétail; l'effet sur l'animal des divers aliments; l'aptitude comparative des races à produire la viande, la graisse, le lait et le beurre; en un mot, étudier les conditions économiques des ressources alimentaires que peuvent fournir au pays les substances animales.

Joignez à ces trois champs d'études déjà bien vastes, l'examen, l'essai, l'expérimentation de toutes les pièces de la mécanique agricole, et dites s'il ne faut pas que l'agriculture possède un enseignement aussi complet que les autres branches de l'industrie; que le commerce, les arts et les sciences.

Les magnifiques découvertes de Liebig et de Boussingault permettent de dire quel est le chiffre des substanees minérales qu'enlève une récolte, soit de grains, de racines ou d'autres plantes.

Si vous voulez conserver la fertilité, ou mieux, la force productive de vos champs, vous devez leur rendre sous des formes assimilables une quantité proportionnelle de ces mêmes matières enlevées par les diverses récoltes.

Et ici j'ai pour guide les ouvrages sur les engrais chimiques, publiés par M. George Ville, professeur au Muséum d'histoire naturelle de Paris.

Mais vous conviendrez sans peine qu'il faut, pour bien comprendre, bien appliquer toutes ces méthodes éminemment scientifiques, posséder des notions déjà assez complètes des sciences naturelles.

Si je dois demander au commerce les matières minérales qui peuvent manquer à mon sol ; s'il faut que je demande aux graines étrangères de venir apporter un nouveau germe de vitalité à mes semences, je dois pouvoir distinguer les qualités de la semence, la richesse des engrais minéraux.

C'est ainsi que les stations agricoles ont été amenées à découvrir qu'il existe de véritables fabriques de semences.

Les appareils germinatoires font en quelques jours germer les bonnes graines; celles qui restent inertes sont soumises à des analyses qui nous montrent : le froment mélangé de grains fabriqués avec le plâtre et le sable, d'un fini, d'une perfection tels que l'œil de l'expert pouvait s'y tromper;

Des graines de trèfles mêlées à des quartz pulvérisés, granulés et teints de manière à tromper l'œil le plus exercé;

D'autres semences, desséchées, brûlées en grande partie, pour forcer la consommation ou conserver une sorte de monopole.

Messieurs, je ne puis vous dire toutes les combinaisons multiples et variées auxquelles se livre le génie de la fraude.

Vous le voyez, la science nous est nécessaire, essentielle.

Je vous disais qu'il nous manque une bonne justice distributive. Nous ne l'avons pas dans l'octroi de la science; nous ne l'avons pas dans la répartition des avantages sociaux.

Le développement des voies de communication, les progrès de la navigation, les réductions du fret amenées par l'augmentation du tonnage des navires et les installations plus complètes de nos ports de mer ont donné un élan considérable au commerce d'importation, dont la puissance est devenue irrésistible par la suppression des droits de douane grevant les denrées alimentaires, et finalement a amené une baisse sensible du prix des grains sur nos marchés.

Maintenant veut-on connaître quelle est l'influence de la baisse

du prix des grains dans le Brabant wallon sur les produits d'une ferme de cent hectares?

L'assolement ordinaire comporte une emblavure annuelle de trente hectares de froment produisant environ 25 hectolitres; ce qui donne un total approchant de 600 sacs de 100 kilogrammes.

Il y a quelques années, le froment se vendait au prix de 35 francs; aujourd'hui il ne vaut plus que 25 à 30 francs; ce qui nous donne une diminution de produit s'élevant au maximum à 6,000 francs et au minimum à 3,000 francs.

Au moment même où il subit cette énorme diminution de produit de sa principale culture, le laboureur se voit atteint par le renchérissement des salaires qui vient le surprendre tout à fait à l'improviste.

Si l'on pouvait chiffrer les frais de culture par une somme de 80 francs l'hectare, pendant la période décennale de 1860-1870, depuis cette époque il faut la porter de 1870 à 1876 au moins à 130 francs l'hectare. Ce qui nous donne pour la même ferme de cent hectares une augmentation de dépense de 5,000 francs dans les pays de culture. Dans les communes industrielles où les ouvriers agricoles sont plus rares, les frais de culture qui atteignaient le chiffre de 105 francs l'hectare, s'élèvent aujourd'hui à 180 francs.

Si désormais le cultivateur ne trouve pas une augmentation de ressource dans de nouveaux procédés de culture, il est perdu.

C'est ce qui fait que nous voyons des cultivateurs abandonner les exploitations qu'ils occupaient depuis des années pour se retirer dans les villes s'ils sont riches, ou pour demander au commerce et à l'industrie des ressources que leur refuse la culture.

C'est encore ce qui fait que nous voyons, chose inouïe il y a cinq ans, la culture des froments étrangers devenue si générale qu'il suffit d'une gelée tardive ou trop intense pour atteindre presque toute l'agriculture belge.

Si la culture des froments étrangers a pris un si grand déve-

loppement, c'est que les froments du pays n'atteignent qu'une production moyenne de 20 à 25 hectolitres à l'hectare, tandis que les blés étrangers de Hallet, Bleu de Noé, de l'Australie, de la Californie et d'autres produisent 30, 35 et même 40 hectolitres à l'hectare.

La diminution du prix des grains, l'augmentation des salaires ont donc forcé le cultivateur belge à modifier ses procédés, à choisir d'autres semences; mais comme toutes ces innovations amènent toujours à leur suite certains périls, certains dangers, ici la culture et la production de ces blés est soumise aux chances que toute plante étrangère subit lorsqu'elle n'est pas acclimatée dans un pays : elle supporte mal les intempéries de son pays d'adoption.

D'autre part, l'emploi du semoir amène une diminution notable de la quantité de semences que nécessite l'emblavure d'un hectare. Cette quantité, les hommes les plus compétents estiment qu'elle peut atteindre un hectolitre en moyenne pour le froment par hectare en semence. Mais l'emploi économique et sûr du semoir exige une certaine connaissance de la mécanique pour les parties montagneuses du pays, l'usage du niveau d'eau, toutes choses qui demandent plus d'instruction que la conduite d'une charrue et d'une herse ou le mouvement du semeur lançant la graine qu'il porte dans son tablier.

Dites s'il ne faut pas que la science soit largement, généreusement donnée à cette population agricole qui constitue, et constituera encore longtemps, je l'espère, la force vive du pays.

Messieurs, je n'ai fait qu'esquisser à grands traits l'importance de la science que doivent posséder un agriculteur émérite et ses aides.

Combien d'accidents, de pertes, de ruines auraient pu être évités par la possession d'un peu de science.

A peine la station agricole de Gembloux était-elle fondée, qu'elle constatait, par une analyse de tourteaux destinés à l'alimentation du bétail, la présence de substances dont la consommation devait apporter des perturbations graves dans les fonc-

tions vitales de l'animal, amener peut-être la mort pour les bêtes à l'engrais, et dans tous les cas, un avortement pour les bêtes de reproduction.

L'agriculture jouit-elle des avantages accordés à toutes les industries et au commerce, dans notre beau pays?

Prenons seulement le chemin de fer, et voyons ce que fait ce grand levier de la prospérité industrielle et commerciale, la plus grande puissance de transport de notre pays.

Vous savez que les tarifs reposent sur une double base :

La distance à parcourir d'abord, puis le classement des marchandises.

Je ne critique pas ce mode de perception d'une taxe juste entre toutes, puisqu'elle n'est que la rémunération d'un service rendu, pour la longueur de la distance parcourue d'une part, et le classement *ad valorem,* d'autre part.

Ce n'est pas une augmentation de quelques francs qui vous empêchera de transporter quelques kilogrammes de dentelles d'un point du pays à un autre.

Mais ce prix peut vous interdire le transport des objets de peu de valeur, des sacs vides, ou d'autres marchandises grossières.

Cependant, Messieurs, examinons le classement, et voyons quelles sont les surtaxes qui viennent grever tous les transports agricoles, quelle qu'en soit la nature : matière première, produits, récoltes, instruments.

Tout ce qui se rattache à cette industrie paye une surtaxe colossale, si vous comparez la valeur de l'objet transporté à la valeur d'un objet similaire, équivalent en poids, en volume, en prix à celui qui sert à l'industrie agricole.

Sont taxés et classés à la première classe :

Les balais, les armes de guerre, les bêches et les houes.

Les boyaux en fûts, les déchets de viande, les chevaux morts, le chocolat, les pâtés de foies gras, la confiture et la confiserie!

L'eau de Cologne et les chiffons de laine pour engrais!

Les paniers vides, les sacs vides, les dentelles, les soieries!

Les objets d'art, les pelles en bois, en fer.

Pour les instruments de musique, d'agriculture, d'optique, de précision, de chirurgie, pas de classement différent et proportionnel à leur valeur. Tous ces instruments payent la taxe la plus élevée.

Je me trompe, les instruments aratoires et les contre-basses payent double taxe, deux fois leur poids : ce sont des instruments encombrants !

Et cependant des tarifs réduits permettent à l'importateur du froment étranger de transporter sa marchandise sur tous nos marchés.

Les wagons ont pu, grâce aux belles installations de nos ports de mer, aller s'accoler aux flancs des navires transatlantiques et recevoir directement leur précieux chargement, alors que le producteur belge doit transporter péniblement par de mauvais chemins, défoncés le plus souvent, le blé qu'il a produit à grands frais.

Notre Banque Nationale a escompté la valeur du chargement de ce navire et elle a refusé d'escompter la valeur du grain que recèlent les greniers de nos cultivateurs, nos granges et nos meules.

Nos commerçants ont trouvé des écoles nombreuses, nos ingénieurs ont reçu un enseignement admirable, l'État et l'initiative privée ont travaillé à l'envi pour former ces hommes et leur donner la science largement.

L'agriculture seule n'a qu'une école, et l'État n'a pas de concurrent pour donner l'instruction aux hommes qui devront un jour faire la gloire la plus pure et la richesse la plus vraie du pays.

Une seule école, celle de Gembloux, doit suffire à la tâche de donner la science aux sept cent mille Belges qui vivent de la culture du sol.

La liberté de l'enseignement crée des droits, mais elle entraîne aussi des devoirs ; il est pénible de constater que ceux-là qui proclament le plus haut la nécessité de cette liberté n'aient pas songé jusqu'ici à montrer qu'ils pouvaient, je ne dirai pas faire mieux que l'État, car l'enseignement de Gembloux est au-dessus de

toute critique scientifique, mais du moins l'égaler, et suppléer à l'insuffisance du nombre des écoles officielles pour la science agricole.

L'initiative privée en matière d'enseignement a été d'une fécondité remarquable en Belgique.

On peut dire que notre grande liberté constitutionnelle, celle que j'appellerai volontiers fondamentale, la liberté de l'enseignement, a donné un immense développement aux progrès intellectuels de la population.

Pourquoi l'enseignement de la science agricole seule est-il exclu des programmes aussi multiples que variés de toutes nos écoles libres ?

Nierait-on encore dans certaines écoles la nécessité d'un enseignement scientifique agricole?

Cela ne me parait pas possible.

Pourquoi ceux-là surtout qui critiquent le monopole ne se préoccupent-ils pas de donner la science aux populations rurales qui la réclament?

Pourquoi ne cherchent-ils pas à créer des écoles où l'on puisse enseigner tout ce que doit connaître l'ingénieur agricole?

L'agriculture belge et jusqu'à un certain point l'agriculture de l'Europe entière se trouve aujourd'hui dans la nécessité de soutenir la terrible concurrence que les laines de l'Australie, les froments de ce continent ainsi que ceux de l'Amérique et tout particulièrement de la Californie peuvent venir lui faire sur tous les marchés du monde.

Hâtons-nous de porter un triple remède à cette situation périlleuse; il faut pour remettre en équilibre cette pierre fondamentale de la prospérité du pays trois leviers puissants.

Donnons à l'agriculture la science qui lui permettra d'appliquer les découvertes, les procédés les plus perfectionnés, de réaliser en un mot ce vrai progrès : produire plus à moins de frais.

Donnons-lui le crédit qui lui permettra d'utiliser son capital aussi complétement que le fait aujourd'hui l'industrie et le commerce.

Et enfin mettons, par une tarification modérée, équitable et rationnelle, nos voies ferrées à la disposition des cultivateurs; achevons promptement le pavage et l'empierrement du réseau de nos routes vicinales, et bientôt nous aurons l'immense satisfaction de voir nos campagnes aussi riches et aussi prospères que le sont aujourd'hui nos villes et nos centres de production industrielle.

NOUVELLE

PLAQUE DE JOINT

POUR LES VOIES FERRÉES;

PAR

M. Louis COUSIN,

PROFESSEUR A L'UNIVERSITÉ CATHOLIQUE DE LOUVAIN.

Les partisans du rail à coussinet deviennent de plus en plus rares, et partout ce type est remplacé par le rail à patin qui a sur le premier une supériorité économique incontestée aujourd'hui. Par sa forme il peut prendre appui directement sur les traverses, et l'expérience, longue déjà, prouve que, sans sortir des limites d'un bon et facile laminage, le patin offre une surface de contact suffisante. Un grand nombre de voies furent posées sans aucun intermédiaire entre le bois et le fer. Les ingénieurs furent amenés plus tard à mettre sous les joints des rails une plaque simulant assez bien la semelle du coussinet : le fouettement de l'extrémité du rail, incomplétement maintenue par les crampons, amenait une pénétration du fer dans le bois d'autant plus rapide que le trafic était plus fort et la voie plus fatiguée.

Mise ainsi sous le joint, une même plaque sert aux deux rails contigus et elle est fixée à la traverse d'about par les crampons, au nombre de trois ou quatre, qui serrent le patin du rail. La plaque de joint présente aussi un épaulement longitudinal et extérieur à la voie — quelquefois même un second épaulement

intérieur — qui s'oppose au déplacement transversal du rail. Enfin c'est encore la plaque qui intervient, moins directement, il est vrai, pour arrêter le mouvement longitudinal des rails : les encoches du patin coïncident avec les crampons d'about et la résistance au déplacement se trouve accrue par la solidarité que la plaque d'appui établit entre les quatre crampons (voir le dessin n° 1). Tel est le système admis aujourd'hui à peu près par toutes les compagnies de chemin de fer. Il laisse à désirer cependant à plusieurs égards :

1° Les encoches pratiquées sur le patin, c'est-à-dire sur la partie la plus efficace au point de vue de la résistance du rail, affaiblissent celui-ci et devraient, pour cette raison, être rapprochées du joint. Mais les deux crampons engagés dans le patin ne peuvent couper les mêmes fibres ligneuses sans exposer la traverse à se fendre, et ainsi l'une des entailles se trouve rejetée à 0,08 ou 0,09 de l'about du rail, ce qui est fort grave, pour les rails d'acier surtout;

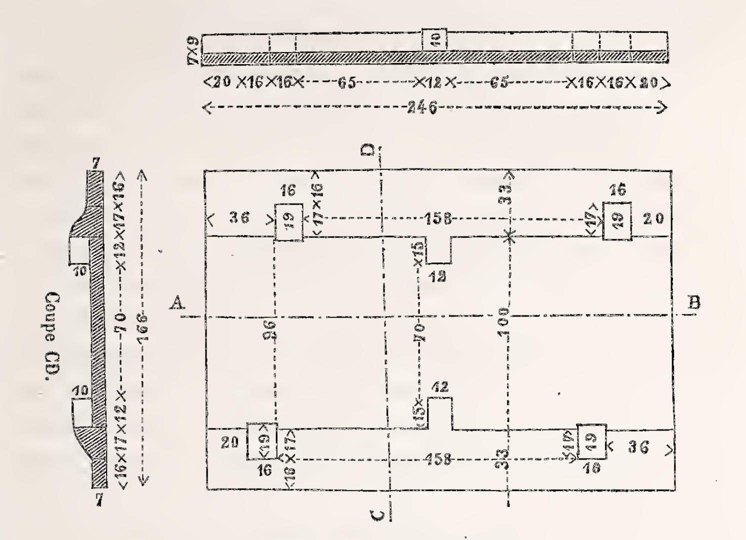
2° Il faut une concordance presque mathématique des encoches du patin avec les trous de crampon de la plaque : c'est, pour la préparation et la pose des éléments de la voie, une double sujétion qui disparaît avec le nouveau modèle que nous proposons;

3° Les crampons d'arrêt empiètent sur le patin de toute la profondeur de l'encoche, soit 0,005 au moins (il faut cela pour un bon arrêt), et si le profil du rail offre un empâtement moindre que 0,100 ou même de 0,100, on est forcé, pour le libre passage de la tête du crampon devant les éclisses, d'adopter un modèle spécial de crampons de joints; c'est un élément de plus ajouté au matériel de la voie ;

4° S'il convient de limiter la profondeur de l'entaille sur le patin, il en résulte la condition de donner à l'arrêt une face d'appui normale au déplacement. Nous rencontrons ici l'objection principale élevée contre l'emploi du tire-fond, qu'un grand nombre d'ingénieurs estiment supérieur au crampon en ce qui concerne l'attache du rail sur les traverses. Quelques compagnies ont même tourné la difficulté en substituant aux encoches des trous circulaires complètement engagés dans le patin; mais ce système

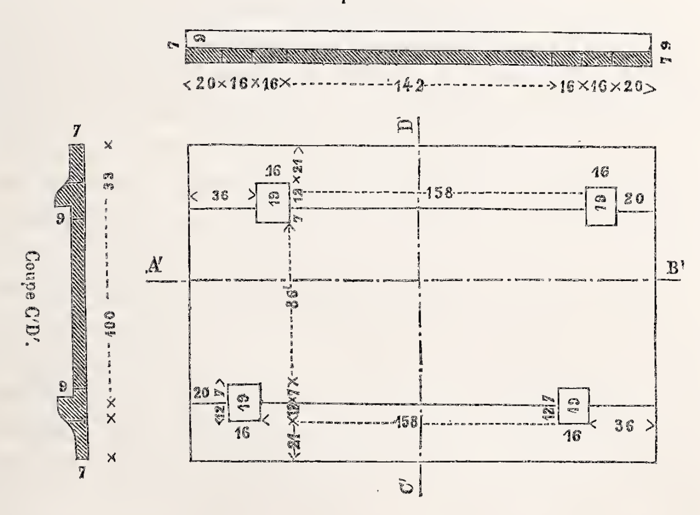
PLAQUE CALLEJA.

Coupe AB.



MODÈLE ORDINAIRE.

Coupe A'B'.



Échelle de 0,25 par mètre.

est bien plus vicieux encore au point de vue du métal enlevé et du renversement du rail;

5° L'attache, quelle qu'elle soit, puise sa résistance dans le bois qu'elle pénètre, et si on la frappe latéralement et successivement en divers sens, elle ne tarde pas à prendre du jeu. Cet effet doit se produire sur les crampons ou tire-fond d'arrêt; car, au passage des trains, le rail est poussé vers l'extérieur de la voie par le mentonnet des roues, et en avant par la jante. La matière ligneuse se trouve ainsi comprimée à la fois parallèlement et perpendiculairement aux fibres. Sans doute la plaque met en jeu la résistance des quatre crampons qui la traversent; mais il y a toujours un certain jeu entre ces éléments, et comme le rail agit directement sur le crampon, la plaque souvent n'interviendra qu'après une première inflexion de ce crampon au détriment de la traverse. Il est incontestablement préférable de placer l'arrêt longitudinal sur la plaque, comme on le fait depuis longtemps pour l'arrêt transversal : outre son frottement sur le bois, la plaque possède quatre attaches dont deux au moins agiront. L'arrêt sera plus efficace et la traverse de joint souffrira moins;

6° Un inconvénient du même genre provient de la dilatation, qui doit se faire librement. Cette condition est remplie pour autant que les attaches engagées dans les encoches ne se contrarient pas; sa réalisation dépend dès lors du forage et de la pose, c'est-à-dire de l'ouvrier poseur. C'est une garantie bien précaire.

En dépit de ces inconvénients très-réels, le système s'est maintenu jusqu'ici à cause de sa grande simplicité. Mais depuis quelques années l'emploi des rails d'acier a pris une extension considérable et l'encochage du patin a dû être abandonné. Il est bien prouvé, en effet, que cette opération fait perdre au rail d'acier une portion notable de sa résistance, hors de toute proportion avec la quantité de matière enlevée. — Le métal, très-sensible du reste, est donc altéré et de nombreuses ruptures ont conduit à supprimer l'encochage d'une manière absolue, ou tout au moins à ne le pratiquer que sur l'about du rail. Il fallut imaginer un nouveau mode d'arrêt longitudinal.

Certaines compagnies, imitant ce que la Compagnie du Nord

français avait fait jadis avec la voie à coussinets, eurent recours à des goujons d'arrêt. Le rail porte à chacune de ses extrémités deux demi-encoches qui se complètent dans la voie; les goujons sont chassés dans ces vides et ne servent nullement à l'attache du rail sur la traverse. La plaque de joint est ainsi percée de six trous, quatre pour les crampons et deux pour les goujons d'arrêt. C'est ainsi qu'est posée la voie de Madrid-Sarragosse-Alicante.

La solution est peu satisfaisante : aux inconvénients cités plus haut, il faut joindre l'accroissement de la dépense, la complication de l'entretien et la détérioration des billes sous-joints. Aussi, lorsque en 1875 la Compagnie chargée de la construction du chemin de fer de Madrid à Malpartida eut résolu de substituer l'acier au fer, la question de l'arrêt longitudinal du rail fut la première préoccupation de son intelligent directeur, M. Gutierrez y Calleja. Celui-ci imagina de faire venir sur la plaque de joint un épaulement de forme particulière, dont l'action sur le rail reproduirait suivant l'axe de la voie l'effet de la nervure dans le sens transversal. C'est la plaque à ergots, que la Société anonyme de Marcinelle et Couillet vient de faire breveter sous le nom de *Plaque Calleja.*

Si l'on compare ce modèle avec celui de la Compagnie de Madrid-Alicante approprié au rail d'acier, on remarque que les deux ouvertures centrales, réservées aux goujons d'arrêt, sont remplacées par deux saillies ou ergots destinés à occuper les encoches d'about des rails. (Voir dessin n° 2.)

Cette modification, simple en apparence, mais importante au point de vue pratique, rencontra de grandes difficultés dans l'exécution.

Il s'agissait de faire sortir au laminage un bouton saillant de 10^{mm} environ (épaisseur du bord du patin) et présentant en plan les dimensions d'une encoche, qui peut être agrandie sans inconvénient, il est vrai, mais qui reste toujours relativement petite. Les premiers essais se firent en novembre 1875, et ce que l'on avait prévu arriva : les boutons ou ergots ne purent sortir du creux des cylindres qu'entièrement déformés et aplatis. L'augmentation de largeur, une légère dépouille donnée au creux du

cylindre, l'élévation de la température de chaude, rien n'y fit; la face d'arrière surtout fuyait sous une inclinaison de 45° et moins. L'ergot cependant ne pouvait agir efficacement qu'à la condition d'offrir au patin du rail une face d'appui verticale comme celle de l'encoche. Le modèle paraissait irréalisable et M. Gutierrez, malgré les avantages incontestables de son invention et l'engagement formel pris envers lui, avait consenti à modifier le marché en substituant la plaque du Madrid-Alicante à la sienne.

En temps ordinaire, c'en était fait de la plaque à ergots, mais la crise industrielle qui pèse depuis si longtemps sur nos établissements métallurgiques nous vint en aide. A quelque chose malheur est bon! Sur mes instances, M. l'ingénieur V. Tahon reprit les essais en laminant l'ergot sous des dimensions exagérées pour le recouper ensuite au burin. Cette dernière opération, assez coûteuse, fut bientôt remplacée par le perçage : l'excédant de métal était enlevé à l'emporte-pièce sur toute l'épaisseur de la plaque, en même temps que se pratiquaient les quatre trous de crampons. La plaque en cet état présente six ouvertures comme celle d'Alicante; mais les ouvertures centrales, restant libres après la pose, auraient pour effet d'accélérer la pourriture des traverses par le séjour des eaux pluviales. Aujourd'hui les ergots laminés, comme il a été dit, reçoivent leur forme pleine et à vives arêtes par un coup de pilon à chaud, qui refoule simplement le métal en excès. Les produits ainsi obtenus sont parfaitement réguliers et leur prix de revient dépasse peu celui de la plaque ordinaire. Ils font l'objet d'une fabrication courante aux usines de Couillet.

Une seconde difficulté de moindre importance réside dans la longueur de la plaque. La circonférence des cylindres finisseurs doit être un multiple de la longueur de la plaque; mais la température des barres et des cylindres peut varier et il en résulte de légères différences dans l'écart des ergots, ce qui est sans conséquence aucune : il suffit d'accorder au fabricant une tolérance de 3 ou 4^{mm} sur la longueur des plaques.

On constate la supériorité de la plaque à ergots, en reprenant

une à une les objections énoncées plus haut contre le type employé jusqu'aujourd'hui. Ainsi la plaque à ergots ne demande que la demi-encoche d'about ; — la liaison des rails n'est soumise à d'autre sujétion que la coïncidence des trous de boulons dans les éclisses et les rails : la plaque de joint peut se fixer d'avance par les deux crampons extérieurs, amorcés comme cela se pratique sur les billes intermédiaires, et l'ergot facilite la mise en place des rails ; — la tête du crampon ne doit dans aucun cas être écourtée sous les éclisses ; — l'attache n'intervient plus comme arrêt et la tige sera indifféremment cylindrique ou prismatique ; — le rail agissant en long et en travers directement sur la plaque de joint, l'arrêt est plus efficace et les traverses moins fatiguées ; — la dilatation se fait plus librement.

Nous ajouterons que la profondeur de l'encoche d'about n'étant plus limitée, on donne à l'ergot une saillie de 10, 12 ou même 15^{mm} qui assure en toutes hypothèses son efficacité.

Par contre, nous ne prévoyons aucune objection contre la plaque Calleja, puisque son prix, en y comprenant même un droit de brevet, est encore très-modéré.

Il n'est donc pas douteux que son emploi se répandra rapidement aussi bien sous les rails en fer que sous les rails d'acier. Pour ceux-ci c'est presque une nécessité, à moins de poser le joint en porte-à-faux, usage qui ne paraît pas devoir s'étendre aux lignes à grande vitesse ; ou bien de poser sur longrines métalliques, comme va l'essayer l'État belge. L'avenir est certainement aux rails d'acier et le grand usage qu'on en fait aujourd'hui n'est pas le résultat d'un engouement capricieux, mais la conséquence d'une économie raisonnée et justifiée.

La fabrication de l'acier a marché à pas de géant, et à mesure qu'un perfectionnement se réalisait, le prix diminuant, la consommation s'est accrue.

En 1865, 1,000 kilog. se vendaient encore 400 francs ; en 1868, ce prix tombe à 300 francs et déjà on pose des voies d'acier sur les fortes rampes, à la sortie des gares et sur les sections à circulation exceptionnelle ; en 1874, nous voyons les rails d'acier descendre à 250 francs la tonne et menacer les rails en fer d'une

concurrence très-sérieuse, même comme prix de premier établissement et abstraction faite de la durée plus grande. A résistance égale on peut amaigrir le profil et réduire le poids du premier, ce qui amène la compensation des prix. La marche, quoique ralentie, continue dans le même sens et aujourd'hui la différence de prix, à poids égal, n'est pas toujours sensible. L'industrie de l'acier n'a pas dit son dernier mot et ce métal s'obtiendra quelque jour à plus bas prix que le fer, son dérivé ; car le fer ne s'obtient pas d'une pièce : comme l'acier, il se retire de la fonte par une décarburation plus complète, c'est-à-dire par un traitement plus long et plus coûteux, si le procédé est le même.

Depuis que nous avons écrit ces lignes, la plaque Calleja a fait une épreuve de quelques mois et son fonctionnement a pleinement confirmé tous les avantages que nous lui avons attribués.

L'INDUSTRIE AMÉRICAINE,

PAR

M. Paul MARLIN,

INGÉNIEUR CIVIL.

Lu à l'assemblée générale du 26 octobre 1876.

Invité à vous parler des États-Unis et de l'Exposition universelle de Philadelphie, où m'a conduit une mission récente, je dois laisser à des voix plus autorisées que la mienne le soin de traiter les questions scientifiques pour lesquelles l'Amérique du Nord offre un vaste champ d'étude et me renfermer dans quelques considérations purement économiques, m'attachant surtout à rechercher quelle influence le mouvement progressif de l'industrie américaine peut exercer sur l'avenir industriel de notre propre pays.

J'ai tâché de me rendre compte de l'état actuel des États-Unis à ce point de vue, non-seulement par l'étude de l'Exposition elle-même, mais surtout par la visite des principaux centres producteurs, dans lesquels elle fournissait une occasion unique de pénétrer utilement.

Les relations industrielles et commerciales, actuelles et futures, entre la Belgique et les États-Unis, sont à considérer aux points de vue de nos importations et de nos exportations, tant vers leur propre marché que vers les marchés étrangers sur lesquels nous pouvons rencontrer leur concurrence et c'est par la connaissance des conditions d'existence où se trouvent les principales industries en Amérique, que l'on peut arriver à formuler quelques prévisions concernant leur influence future sur nous.

Les États-Unis, dont la population a, tout d'abord, tourné son activité vers les richesses agricoles qui y surabondent de toute part, sont, à tous égards, mais sous le rapport industriel surtout, une nation très-jeune encore et qui a dû être longtemps tributaire de l'ancien monde pour les produits manufacturés. Cette situation n'a pas encore entièrement cessé et il est très-intéressant pour nous de chercher à nous rendre compte du temps pendant lequel elle peut se prolonger; mais, en attendant, il en résulte qu'actuellement encore les États-Unis reçoivent des autres contrées productrices pour deux milliards sept cent soixante-dix millions de francs de marchandises qui, malgré des droits protecteurs extrêmement élevés, y pénètrent en concurrence des fabricats similaires indigènes ou en remplacement des rares produits naturels qui y manquent jusqu'à présent.

Il est vrai que les États-Unis ont un chiffre d'exportation supérieur à celui de leurs importations (3,215,473,835 fr.); mais les produits qu'ils exportent sont surtout des produits naturels et l'industrie proprement dite n'y a qu'une part restreinte. (Vous me pardonnerez, Messieurs, de vous citer des chiffres, mais c'est là le seul genre d'éloquence auquel je puisse prétendre.)

La Belgique intervient pour une part beaucoup trop faible dans ces chiffres d'exportation et d'importation : elle reçoit des États-Unis pour un peu plus de soixante millions de francs de produits principalement agricoles, tels que café, blés, peaux, cuirs, lard, bois et pétrole et elle leur envoie pour trente-deux millions de francs de ses produits industriels, parmi lesquels les cinq sixièmes sont soumis à des droits d'entrée plus ou moins élevés. Ces produits que nous exportons sont spécialement : le verre à vitre et les glaces, avec ou sans tain, pour dix millions de francs; les chiffons et autres matières premières de la fabrication du papier, pour deux millions sept cent mille francs; le plomb, pour une somme à peu près égale; les fers et aciers ouvrés, pour deux millions et demi.

Les draps de Verviers, qui trouvaient jadis aux États-Unis un si bon débouché, ne figurent plus aux importations américaines que pour dix-huit cent mille francs, à cause des droits d'entrée qui les grèvent.

Si l'on compare les chiffres relatifs à la Belgique à ceux fournis par les autres pays producteurs, on verra que, relativement à notre importance industrielle, nous n'occupons pas le rang auquel nous aurions droit.

De tous les pays en relations avec les États-Unis, l'Angleterre — seule et sans ses immenses colonies — vient en tête avec un chiffre d'affaires de près de deux milliards de francs d'achats faits par elle aux États-Unis et de sept cent quatre-vingt-cinq millions de ventes à ces derniers. La France reçoit pour deux cent cinquante-trois millions et demi de francs de produits américains et elle exporte, par contre, pour trois cent dix-huit millions vers les États-Unis. Ceux-ci expédient à l'Allemagne pour deux cent soixante-neuf millions de francs et en reçoivent pour deux cents millions.

A côté de ces grands pays industriels, nous voyons l'Espagne et ses colonies exporter aux États-Unis pour quatre cent vingt-cinq millions de marchandises, notamment de ses produits naturels des Antilles. Le Brésil intervient dans les importations des États-Unis pour deux cent dix millions.

La Chine elle-même a un chiffre d'exportation vers l'Amérique du Nord, qui est le double du nôtre, lequel est à peine supérieur à celui de la République Argentine.

Les États-Unis de Colombie fournissent à leurs homonymes du Nord pour un chiffre deux fois supérieur à celui de l'industrieuse Belgique. Sans doute cela tient à ce que tous ces pays, richement dotés par la nature, possèdent certains produits naturels dont l'Amérique du Nord a besoin et que nous ne pouvons lui fournir; mais cela tient aussi à d'autres causes, dont la principale est que nous ne savons pas assez quels sont ceux de nos produits qui pourraient utilement se consommer en Amérique et quel façonnage spécial il faudrait leur donner pour qu'ils fussent dans le goût américain et, par conséquent, d'une vente facile.

Les relations, si aisées maintenant, entre l'Amérique et l'Europe, mettent l'étude de ces questions à la portée de tous les industriels et ils méconnaîtraient singulièrement leurs intérêts en ne s'y livrant pas consciencieusement.

Mais les chiffres qui précèdent n'indiquent qu'une situation

générale et n'apprennent rien quant à la nature spéciale des industries américaines qui doivent être comparées aux industries similaires belges. Notons seulement qu'en les comparant aux chiffres d'il y a dix ans, on peut constater la rapidité sans exemple des progrès industriels accomplis par les États-Unis, puisque leurs importations totales se sont élevées, en ce court espace de temps, d'un à deux et demi milliards de francs, tandis que leurs exportations totales s'élevaient de un à trois milliards.

Pendant cette même période, les chiffres d'affaires de la Belgique avec les États-Unis s'élevaient progressivement pour nos exportations, de six millions et demi à trente-deux millions, tandis que nos importations montaient de vingt-cinq millions à soixante.

Cet accroissement rapide de l'industrie des États-Unis s'accuse plus nettement encore si l'on examine les progrès réalisés par chaque industrie spéciale et, pour se tenir au courant de leur développement prodigieux, il faudrait ne pas cesser un instant de les observer.

A ce propos, il peut être opportun de remarquer qu'une observation continue et intelligente de la situation industrielle d'une contrée aussi importante que l'Amérique du Nord offrirait certainement d'immenses avantages aux industries européennes, en leur signalant, d'une façon permanente, les progrès accomplis au delà de l'Océan, les produits importables par suite des circonstances et ceux qu'il serait opportun d'exporter.

Malgré tout le dévouement de notre corps consulaire, il n'est pas toujours compétent pour une étude semblable, qui est, du reste, assez ardue pour devoir être exclusive et peut-être y aurait-il là une utile institution à créer.

Pour en revenir aux progrès de l'industrie américaine, on peut affirmer que, pour quiconque a parcouru les contrées si fécondes où elle a pris naissance, ces rapides progrès n'ont rien d'étonnant. Sans citer de nouveaux chiffres et sans entrer dans les détails d'aucune spécialité industrielle, si l'on considère les immenses gisements houillers qui fournissent aux États-Unis les meilleurs charbons de toute nature à des prix inférieurs à tous ceux du monde civilisé, prix qui ne feront que s'abaisser par la multipli-

cation des voies ferrées et des canaux; si l'on remarque les admirables minerais de fer qui, non-seulement forment des contrées entières — comme au Lac Supérieur — mais accompagnent les couches de houille et se présentent sous toutes les variétés qui permettent d'obtenir les meilleures qualités de fer et d'acier; si l'on songe aux minerais abondants de plomb, de cuivre, d'argent et d'or, dont la superficie des États-Unis est couverte; si l'on tient compte des immenses et riches territoires charbonniers et miniers dont l'exploration est encore à faire, on doit reconnaître que la Providence a été prodigue envers le dernier né des peuples civilisés et l'a traité en enfant gâté.

Et quand on voit, sur la carte, l'admirable réseau de cours d'eau qui couvre le pays et relie entre elles toutes ses richesses; lorsqu'on parcourt ces voies ferrées, si ingénieusement et si économiquement construites, qui s'allongent et se multiplient tous les jours au point de faire considérer comme une simple promenade le voyage — de onze cents lieues — de New-York à San-Francisco; quand on songe à la variété de climats et de sols qui donnent à la fois aux États-Unis les produits des tropiques et ceux des régions froides; lorsqu'on récapitule les matières premières de source agricole qui, telles que les nombreuses variétés de chêne et le précieux hemlock, font réduire de moitié le coût du tannage — pour ne citer que ce seul exemple entre mille — on doit bien reconnaître que les Américains posséderaient bien peu le génie industriel s'ils ne tiraient pas de ces admirables ressources, non-seulement l'indépendance de leur industrie, mais une puissance de production qui pourra devenir dangereuse pour l'industrie européenne.

Mais ce n'est pas seulement dans les matières premières de toute nature et dans la puissance de leurs moyens de transport que les États-Unis possèdent de grands éléments de succès et d'avenir. Occupant, avec quarante-trois millions d'habitants seulement, un territoire qui mesure huit cent quatre millions d'hectares de superficie, et qui se prête d'autant plus à d'énormes accroissements de population que la plus grande partie de cette surface immense est d'une fertilité inouïe, ils assurent, pour de longues années encore, l'aisance et la prospérité à toute l'immi-

gration agricole européenne et un travail largement rémunérateur à tous ceux qui voudront s'adonner à la culture.

L'aisance des populations, résultat de cet ordre de choses, donne des consommateurs nombreux et généreux qui encouragent les entreprises industrielles. L'esprit entreprenant de la nation les encourage plus encore et l'amour-propre national, poussé, chez ce peuple fier de lui-même, à un degré peut-être excessif, suffirait à lui seul pour l'engager à tenter l'impossible au besoin, afin de s'affranchir des importations étrangères. Aussi il n'est pas une branche de production dans laquelle les Américains ne se soient essayés, pas toujours avec un succès définitif, sans doute, mais toujours avec une intelligence incontestable et un désir de réussir qui atteindra tôt ou tard le but.

Si l'on passe maintenant en revue les industries principales des États-Unis, en commençant par celles pour lesquelles ils sont encore nos tributaires, on devra reconnaître que nous aurons prochainement à lutter contre eux, non-seulement chez eux, mais sur les autres marchés étrangers, sinon sur le nôtre même : ainsi, nous envoyons encore aux États-Unis des matières premières pour la fabrication du papier; mais les essences de bois propres à fournir la *pâte de bois* et les plantes textiles nombreuses que le sol des États-Unis produit gratuitement et avec une extrême abondance, ont déjà provoqué la création de nombreuses fabriques de pâte à papier qui deviendront nos fournisseurs un jour.

Nous avons un peu de temps devant nous pour la fabrication des glaces et des verres à vitre, parce que nos usines sont admirablement montées et qu'on n'en improvise pas de semblables d'un jour à l'autre, comme aussi parce que les ouvriers nécessaires à ces industries, plus chers d'ailleurs aux États-Unis qu'en Belgique, se forment seulement par une lente expérience, qui se transmet, en quelque sorte, de génération en génération; mais des tentatives déjà considérables, de nombreuses verreries, quelques fabriques de glaces qui, pour la plupart, ont résisté à la crise industrielle qui sévit là-bas comme ici, prouvent que l'on travaille à former les établissements et les hommes nécessaires à l'industrie du verre. La cristallerie a déjà surpassé ce que nous faisons nous-mêmes et, quand des communications plus nom-

breuses avec l'Ouest et le Sud fourniront aux fabricants de produits chimiques le soufre qui doit leur permettre de fabriquer avantageusement le sulfate de soude, nos verriers belges auront fort à faire pour maintenir leur supériorité et devront se garder eux-mêmes soigneusement.

Quant au fer et à l'acier, lorsqu'on a visité les hauts-fourneaux, les laminoirs, les nombreuses et admirables aciéries Bessemer, et les gisements de minerais et de houille de la Pensylvanie, de l'Indiana, de l'Ohio, de l'Illinois, du Missouri, etc., on peut affirmer que la sidérurgie américaine n'a plus grand'chose à apprendre de l'Europe et que le temps n'est pas éloigné où, même pour des produits spéciaux, tels que l'acier Bessemer, les États-Unis trouveront dans leurs ressources propres, non-seulement de quoi se passer de nous, mais encore de quoi nous en remontrer victorieusement.

Toutefois, à côté de ces sombres pronostics, il est juste de passer en revue aussi les côtés défectueux de l'industrie américaine. C'est ainsi qu'il manque encore aux États-Unis une certaine expérience industrielle qu'ils acquerront, sans doute, mais pour laquelle il faut du temps.

Il leur manque, dans certaines industries, des ouvriers spéciaux qui, souvent, ne se forment que par un long apprentissage ; il leur manque, pour tous les travaux de luxe, le goût que donne seule une longue étude et la vulgarisation des beaux modèles. Enfin, ils payent la main-d'œuvre à un prix relativement excessif et c'est là une cause grave d'infériorité industrielle, quoique la main de l'homme soit, de plus en plus, remplacée par d'ingénieuses machines dont les Américains ont la spécialité.

Il faut reconnaître encore que les connaissances spéciales, notamment en ce qui concerne les industries chimiques, sont encore rares aux États-Unis et, à ce propos, nous pouvons dire qu'il est un avantage de l'Europe sur l'Amérique que nous conserverons encore pendant assez longtemps : c'est le grand développement donné ici à l'instruction supérieure. L'instruction primaire est très-répandue aux États-Unis ; mais, pressés de se mettre aux affaires, les jeunes Américains s'en tiennent souvent là et n'abordent que rarement les études universitaires ou scienti-

fiques, quoique les universités, d'ailleurs nombreuses et bien installées, tiennent à la fois lieu de collége et de facultés spéciales. Toutefois, les parents ne manquent jamais de donner à leurs fils, à défaut d'une instruction soignée, des avis dictés par l'expérience et dont le plus fréquent, assure-t-on, est résumé dans cette phrase proverbiale: *make money, honestly if you can ; but..... make money* (gagnez de l'argent, honnêtement si vous le pouvez, mais..... gagnez de l'argent). Ainsi font les enfants et il faut reconnaître qu'il leur arrive le plus souvent de *pouvoir* rester honnête.

Il est certain, du moins, que la moralité et l'honnêteté sont très-fort en honneur et que bien des choses pour lesquelles on manifeste, en Europe, une grande — trop grande — indulgence, suffiraient, aux États-Unis, à marquer d'indignité l'homme qui se les permettrait et à lui enlever tout crédit.

L'une des causes les plus invoquées pour expliquer l'insuffisance relative de nos exportations vers les États-Unis est le tarif douanier protecteur et presque prohibitif qu'ils ont adopté depuis la guerre de la sécession et, à entendre les étrangers qui ont visité l'Exposition de Philadelphie, le résultat le plus avantageux à attendre de ce grand tournoi industriel sera un abaissement considérable des droits d'entrée qui ont fermé le marché américain à un grand nombre de produits manufacturés d'Europe.

Un fait récent semblerait donner raison à ces prévisions : C'est la décision prise par le Congrès des tanneurs américains, au mois de juillet dernier, de solliciter à Washington la suppression des droits d'entrée sur les cuirs. La tannerie américaine est assez puissante pour faire de l'exportation sur un pied considérable et elle a tout intérêt à ne pas se voir opposer, en Europe, les barrières que l'on avait opposées chez elle à ses concurrents étrangers.

Mais il ne faut pas voir dans un fait isolé l'indice d'une tendance générale immédiate. Voici le raisonnement qui semble avoir présidé et qui présidera sans doute longtemps encore à l'organisation du régime des douanes aux États-Unis : s'il est juste, au point de vue économique, de laisser entrer librement les produits étrangers que l'on ne peut produire aussi avantageusement dans l'intérieur du pays, parce que l'intérêt de la masse

des consommateurs prime celui de quelques producteurs, il est tout aussi légitime de faire supporter à la nation un mal temporaire, en écartant par des droits d'entrée les produits étrangers, afin d'amener la création d'industries indigènes qui constitueront, pour l'avenir, une source de richesses permanente.

L'intérêt d'un avenir durable prime ici celui d'un moment. On reviendra au régime rationnel du libre échange lorsque les industries qui, sans protection, n'auraient pas pris naissance, auront acquis un degré de consistance suffisant pour n'avoir plus à craindre la concurrence étrangère. Cette manière de raisonner est surtout applicable à l'Amérique, où l'initiative industrielle et l'amour-propre national font des efforts surhumains pour s'affranchir de l'étranger et où les ressources nationales permettent la création avantageuse de presque tous les genres d'industries.

Aussi l'industrie américaine a-t-elle pris, en quelques années, sous l'influence de la protection, un essor dont on ne se serait pas douté sans avoir vu l'Exposition de Philadelphie. Il est certaines branches industrielles où les éléments de succès font encore défaut, mais il faudra des causes de force majeure si les Américains ne conquièrent pas ce qu'il leur faut pour y réussir.

L'état de développement des principales industries des États-Unis va permettre à la voix des libre-échangistes de se faire entendre, mais sur les points seulement où les États-Unis se sentiront assez forts et les gens en position de savoir exactement ce qui se passe, comptent qu'il faudra dix ans encore avant que l'exemple de la tannerie, renonçant à la protection, soit suivi d'une façon un peu générale.

D'ici là, les tarifs pourront être abaissés peu à peu, à mesure que les industries intéressées auront pris de la consistance et, s'il en est quelques-unes qui ne parviennent pas à s'installer dans des conditions assez fortes pour pouvoir soutenir la concurrence étrangère, on les sacrifiera avec justice, lorsqu'il sera bien démontré que leur impuissance est le fait, soit de causes insurmontables, soit de l'incapacité de ceux qui les ont entreprises.

Il résulte de cette manière de raisonner et de procéder que les États-Unis comptent bien ne plus offrir leur territoire à l'invasion des produits européens et qu'ils entendent se suffire à eux-

mêmes en attendant qu'ils puissent venir lutter contre la vieille Europe, d'abord sur les marchés où ils lui feront concurrence, puis bientôt sur son propre terrain. Sans doute, malgré les tarifs actuels, bien des industries européennes peuvent encore faire pénétrer leurs produits aux États-Unis et y trouver d'abondants débouchés, à cause de certaines circonstances spéciales; mais il faut qu'elles se hâtent de consolider leur position et, surtout, d'étudier très-attentivement les industries similaires américaines, afin de se rendre un compte exact de ce que l'avenir leur réserve. L'Exposition de Philadelphie offrait une occasion extrêmement favorable pour ce genre d'examen et nos industriels en ont trop peu profité. Chaque industrie importante aurait dû avoir là ses représentants les plus compétents et les fruits de l'Exposition eussent alors été aussi abondants pour l'Europe qu'ils le seront pour l'Amérique. Celle-ci n'a pas manqué de faire l'étude inverse, qu'elle complétera à Paris dans deux ans : c'est-à-dire que les industriels américains ont surtout étudié la valeur des produits européens comparativement aux leurs, afin de savoir ce qui pouvait encore leur manquer pour être à la hauteur de la concurrence transatlantique et s'empresser d'y pourvoir.

L'amour propre national, avons-nous dit, a été un puissant stimulant pour les États-Unis; il les porte à croire qu'ils sont le premier peuple du monde et qu'ils doivent se suffire à eux-mêmes. Il ne les a, cependant, pas aveuglés au point de leur faire méconnaitre qu'ils ont encore beaucoup à apprendre de l'ancien monde. Tâchons d'être aussi sages en ce point et, tout en éprouvant un orgueil légitime en présence des succès que la Belgique a pu remporter à Philadelphie, sachons reconnaître que les États-Unis possèdent toutes les ressources qui peuvent donner naissance à une puissante industrie et préparons-nous à soutenir bientôt une lutte d'autant plus difficile pour nous que des siècles entiers ont été témoins de nos travaux industriels et ont vu épuiser peu à peu nos richesses minérales, tandis que l'Amérique les possède encore vierges sur la presque totalité de son territoire.

NOTICE

SUR LA

RÉPUBLIQUE SUD-AFRICAINE

OU DU

TRANSVAAL;

Par A. DE FIERLANT, ingénieur civil.

Le Transvaal est situé entre le 22e et le 28e degré de latitude Sud, entre le 26e et le 32e degré de longitude Est.

Il est borné au Nord par les rivières Limpopo et des Crocodiles, à l'Ouest par les rivières Marcko et Hart qui le séparent de contrées encore peu explorées aujourd'hui; au Sud, par l'État libre d'Orange : le Ky Gariep, auquel les Hollandais ont donné le nom de Vaal, forme la limite des deux pays; enfin, à l'Est, par la capitainerie portugaise du Mozambique, dont il est séparé par les Drakenbergs ou monts Dragons.

Le mot « Transvaal », d'après l'opinion la plus accréditée, quoiqu'elle soit peu conforme aux lois étymologiques, vient de *trans* et de *Vaal*, et signifie donc « au delà du Vaal ». Le Vaal lui-même doit cette dénomination aux eaux jaunâtres qu'il roule presque toujours.

Le Transvaal tient du climat de toute l'Afrique du Sud-Est.

La quantité de pluie varie suivant les localités, mais en général il n'y pleut pas beaucoup, surtout au milieu et à l'Ouest. La température moyenne est de 20° centigrades; il gèle parfois; ce phénomène doit être attribué au rayonnement nocturne.

Le climat du Transvaal est-il salubre? Telle est certes une des premières questions que l'on se pose quand il s'agit d'un pays nouveau. D'après les documents divers que j'ai eu l'occasion de parcourir, je pencherais assez pour l'affirmative, mais en ajoutant de suite que si la salubrité des districts du Sud et de l'Ouest est avérée, il n'en est pas ainsi pour toutes les parties du pays, et qu'il faut notamment beaucoup en rabattre pour les régions voisines de la rivière des Crocodiles.

Les maladies qui affectent le plus les habitants sont les pneumonies, les rhumatismes, les ophtalmies et surtout les fièvres. Ces fièvres qui exercent leurs ravages dans tout le continent africain rendent les explorations souvent impossibles, toujours dangereuses; elles expliquent l'ignorance relative où nous sommes encore concernant sa géographie, et les difficultés que rencontre l'introduction de la civilisation. Pour une notable partie de l'Afrique, le manque de cours d'eau vient se joindre à la cause précédente et entraver les efforts des Européens. A ce point de vue, le Transvaal fait exception, il est arrosé par de nombreuses rivières. Si nous ajoutons à ce fait sa salubrité tout au moins relative, nous en conclurons qu'il doit mieux convenir à la colonisation que d'autres contrées de l'Afrique.

En partant de Pretoria la contrée qui forme d'abord un vaste plateau s'élève jusqu'aux monts Dragons pour atteindre près du village de Klepstapel sept mille pieds d'altitude. Elle s'élève plus haut encore dans le district de Lydenburg, où se trouvent les placers d'or. En remontant vers le Nord et jusqu'à la rivière des Crocodiles l'altitude baisse considérablement. Nous arrivons aux terrains bas ou Nederlanden.

Parmi les végétaux qui croissent sur le territoire de la République Sud-africaine nous citerons : l'aloès, l'euphorbe, le café, le tabac, la canne à sucre, le maïs, les melons, notamment le *cucumis cafer*, sorte de melon d'eau aussi recherché des hommes

que des animaux, les concombres, la vigne, le mopané ou bauhinia, le morala, le boabab, le dattier, etc. Nous reviendrons sur ce sujet en parlant des cultures propres à chaque district.

Les principales espèces d'animaux sont : les marmottes, les chamois, les chevreuils qui habitent surtout la partie montagneuse, les antilopes, les gnous, les élans, les zèbres, les buffles africains, les singes, les girafes, les rhinocéros, les éléphants, les hippopotames; parmis les carnassiers : le lion, la panthère, le léopard, l'hyène, le loup, le chacal et le chien. Tous ces animaux sont suffisamment connus pour nous dispenser de toute description. L'aigocère noir ou harrisbuck et l'oryx du Cap méritent une mention spéciale. Le premier, découvert par le capitaine Harris en 1837, est une antilope d'une élégance remarquable. Elle est caractérisée par deux cornes, de section aplatie, recourbées en arrière et qui mesurent jusqu'à quatre-vingt-dix centimètres chez les adultes. La poitrine est blanche, le dos est noir et porte une épaisse crinière. Les chasseurs considèrent comme une bonne fortune de s'emparer d'un harrisbuck, car il est assez rare et possède une vélocité étonnante. L'oryx du Cap, appelé *gemissbok* par les Hollandais, est une belle antilope de la taille d'un âne. Sa robe porte quelques zébrures. Ses cornes sont droites et effilées, rabattues en arrière et mesurent un mètre de longueur chez les mâles. La femelle est, par exception, mieux armée encore. L'oryx est défiant, doué d'une grande vigueur et d'une vitesse extrême. C'est assez dire qu'il est très-difficile de le tirer.

Les bœufs, les vaches, les chèvres et les moutons, forment la principale richesse des colons. Malheureusement, la pneumonie du bétail a fait son apparition sous ces latitudes et cause parfois bien des ruines. Les chiens du pays vivent en domesticité; quant aux chiens européens ils meurent presque tous. Les chevaux sont d'origine espagnole ou anglaise; une fièvre pernicieuse en fait périr un grand nombre. Ceux qui se sont guéris de la maladie sont très-recherchés, elle ne les atteint pas deux fois. Un terrible ennemi des chevaux et des bœufs est la mouche tsétsé (*glossina*

morsitans); cette mouche, de la grosseur d'une abeille, porte dans sa trompe un venin mortel. L'animal mordu ne meurt pas immédiatement, mais il devient paresseux, somnolent, s'épuise lentement et meurt après six à sept mois de maladie. La morsure de la mouche est sans effet nuisible sur les hommes, les ânes et les mulets.

Les oiseaux sont nombreux au Transvaal, on y trouve notamment des hérons, des flamands, des autruches, des canards, des paons, des pintades, des oies, une foule de carnassiers et le coucou indicateur ou œdicnème du Cap, nommé *dikkop* par les Hollandais, qui décèle au voyageur l'emplacement des ruches à miel.

Signalons enfin parmi les sauriens, les crocodiles et les lézards; parmi les reptiles, le serpent cracheur, le mamba, le picakholou; parmi les insectes, les moustiques, les guèpes, les araignées, les scorpions, les mouches tsétsé et les fourmis. Les termites bâtissent ces énormes fourmilières qui font l'étonnement du voyageur.

La population du Transvaal se compose de Cafres, de Hottentots, de Boers et d'Anglais. Il y a environ 300,000 indigènes et 35,000 blancs. Le langage des colons est un mélange d'idiomes divers, comme c'est l'ordinaire chez les nations formées de la réunion de races différentes. Ici le hollandais forme la base de la langue; on y ajoute quelques mots d'anglais, de cafre et de hottentot.

Les Cafres sont grands, robustes et bien faits; la couleur de leur peau est gris de fer. Ils sont intelligents, hospitaliers, travailleurs, et n'ont jamais supporté patiemment le joug de l'esclavage. Ceux qui habitent le sud du Transvaal appartiennent à la grande tribu des Betchouanas. Ils mènent une vie patriarcale, élèvent du bétail et chassent la bête fauve, à l'aide de moyens primitifs sans doute, mais avec assez de courage et d'adresse.

Les Hottentots, dont le type véritable serait le bushman des Anglais ou bosjesman des Hollandais, sont les habitants originaires de la région située au Nord du Cap. Ce sont des êtres pour

la plupart dégradés tant au moral qu'au physique, et les traitements qu'ils ont eu parfois à subir de la part des Boers n'étaient guère propres à les relever de leur condition abjecte. Je crois inutile de m'étendre plus longuement sur ces peuples dont on trouvera des descriptions détaillées dans les récits des voyageurs contemporains.

Les Boers, maîtres du pays, sont laboureurs et chasseurs. Ils pratiquent la religion réformée. Un Boer aisé possède souvent une ferme de huit à dix mille arpents, dont la majeure partie consiste en prairies et sert à l'élève des bestiaux. Il se nourrit de viande, de pain de maïs ou de froment. Sa boisson habituelle est le café.

Les Boers descendent des premiers colons du Cap de Bonne-Espérance, colonie que les Hollandais ne surent pas conserver. On ne peut, en effet, reprocher à la Grande-Bretagne de s'être emparée du Cap, car il faut reconnaître que, sans le canon anglais, la colonie eût été massacrée par les indigènes. Les fils de ceux que les Anglais sauvèrent de la destruction ne s'en souvinrent guère; ils eurent d'abord certaines velléités, puis, par la suite des temps, de vraies résolutions d'indépendance. Leurs tentatives furent à diverses reprises mises à néant par les Anglais; tantôt à Zwellendam dans la colonie du Cap en 1835, tantôt en 1845, à Mariezburg, dans le pays de Natal. Les Boers remontèrent alors encore plus au nord, et pénétrant dans l'intérieur des terres, s'établirent au delà du Vaal et à l'ouest des monts Dragons. Était-ce l'amour de l'indépendance, une haine de race, ou le désir de se soustraire aux lois britanniques sur l'esclavage qui donna aux Boers de la persévérance et du courage?

Quoi qu'il en soit, ils réussirent enfin à s'affranchir de la domination anglaise, et le 17 janvier 1852, l'Angleterre reconnut l'autonomie du Transvaal Le général Prétorius fut le premier Président de la jeune République Sud-africaine, nom sous lequel il réunit en 1858 les petites Républiques de Potchefstroom, Lydenburg et Zoutpansberg. Thomas-François Burgers succéda à Prétorius, en 1872.

Nous allons examiner rapidement l'organisation du pays dont il est le premier magistrat.

La République Sud-africaine est divisée en douze districts qui sont : *Potchefstroom*, *Prétoria*, *Rustemberg*, *Lydenburg*, *Middelburg*, *Utrecht*, *Wakkerstroom*, *Heidelberg*, *Zoutpansberg*, *Waterberg*, *Marcko* et *Bloemhof*.

Dans le district de *Potchefstroom* on récolte des grains de l'indigo, du tabac, le meilleur, paraît-il, de l'Afrique australe. La vigne est cultivée avec assez de succès. Les moutons et les chèvres d'Angora y réussissent à merveille ; enfin l'élève des vers à soie promet d'heureux résultats.

Potchefstroom, chef-lieu du district, fait un commerce prospère. On y remarque trois églises hollandaises, deux églises anglaises, une maison communale, une imprimerie, une école du gouvernement, plusieurs écoles particulières, une agence d'assurances, une succursale de la Banque du Cap, une brasserie, etc.

District de *Prétoria*. On y cultive le café, une espèce de canne à sucre, le coton. On y rencontre des minerais de cuivre, d'étain, de plomb, de fer et du charbon. La coexistence de ces deux derniers minéraux deviendrait une bonne fortune pour le pays, si l'industrie pouvait, avec les progrès de la civilisation, s'y introduire plus tard. Le Transvaal serait mieux partagé que l'Algérie au point de vue sidérurgique. Cette dernière possède des minerais de fer de premier choix, mais elle est totalement dépourvue du charbon nécessaire à leur réduction.

La ville de *Prétoria* est le siége du gouvernement. On y trouve trois églises, une école, une station de diligences, une succursale de la Banque du Cap. Deux journaux paraissent à Prétoria, le *Staats-Courant*, journal officiel, et le *Volksstem*. Le marché de la ville est très-fréquenté.

Le district de *Rustemberg* porte le nom de « Jardin de la République Sud-africaine. » Tous les produits des tropiques s'y rencontrent ; c'est au chef-lieu du même nom que se font les exercices militaires.

Le district de *Lydenburg* était autrefois exclusivement agricole ; la découverte des placers d'or a fait du tort à l'agriculture. Un nouveau village, *Pelgrims*, s'est bâti sur les placers. On y a

déjà fondé un journal anglais. Les produits des districts sont, outre l'or, les bêtes à cornes, les cannes à sucre, le coton et le café.

Zeerulskt, chef-lieu du district de *Marcko*, sur le chemin des placers de diamants, a deux églises, quelques boutiques. Dans le *Marcko* on élève du bétail, on cultive le tabac, l'avoine, l'orge, le maïs.

Le froment ne réussit que grâce aux irrigations artificielles et l'on doit dire qu'en général il croît difficilement. Les arbres fruitiers sont nombreux et donnent des fruits en abondance; seulement, on prétend qu'ils sont moins bons que les fruits européens. Ceci ne s'applique évidemment qu'à certains fruits qui ne sont pas ici dans la région qui leur convient. Les citrons, les oranges, les ananas, les melons sont bons et se vendent à très-bas prix. Le district de *Marcko* produit encore des bois de construction, entre autres le mopané, nommé bois de fer par les Portugais, des pierres à bâtir et enfin des minerais de plomb, d'argent et de cobalt.

Utrecht, *Wakkerstroom*, *Heidelberg* et *Bloemhof*. Chacun de ces districts a pour chef-lieu un village. On cultive peu, mais l'élève du bétail est considérable. Il s'ensuit que le commerce principal consiste en peaux, laines et beurre. Signalons particulièrement l'élève des chevaux dans le Wakkerstroom, l'existence du charbon dans ce dernier district et celui d'Utrecht, enfin les diamants du Bloemhof. Ces diamants sont connus sous le nom de diamants du Cap; ils ont dans le commerce moins de valeur que ceux du Brésil et de Bornéo.

Les districts de *Waterberg* et de *Zoutpansberg* doivent leur développement aux placers d'or. L'or se trouve ordinairement en poussière invisible, disséminée dans le quartz ou dans les sables d'alluvion. Le quartz est broyé à l'aide de machines très-grossières et encore ce sont les sociétés qui emploient ce procédé. Les particuliers, le trouvant trop coûteux, se bornent à laver les sables aurifères. L'or vaut sur place 1,900 francs le kilogramme. (Il en vaut environ 3,450 chez nous.)

L'éléphant se rencontre dans le *Waterberg*.

Le district de *Middelburg*, chef-lieu *Nazareth*, faisait jusqu'à ces derniers temps partie du district de Lydenburg.

Examinons maintenant l'organisation politique du Transvaal.

Le pouvoir législatif est confié à une *Assemblée nationale*, composée des citoyens élus par la nation. Chaque district envoie trois membres à l'assemblée. Les quatre villes : Potchefstroom, Prétoria, Rustemberg et Lydenburg, élisent chacune un député, ce qui porte à quarante le nombre total des *honorables*. Ils sont élus pour quatre ans et l'assemblée est renouvelée par moitié tous les deux ans.

Le pouvoir exécutif est exercé par le Président, assisté d'un Conseil composé de quatre membres dont l'un porte le titre de secrétaire d'État.

Le Conseil est nommé par l'Assemblée nationale ; la durée du mandat est de quatre ans pour le secrétaire d'État et de trois ans pour les autres conseillers.

Les citoyens nomment le Président de la République. Il est élu pour cinq ans, terme au bout duquel il est immédiatement rééligible.

Le Président n'a pas le droit de vote à l'Assemblée, mais il peut assister aux séances et y prendre la parole. Il en est de même des quatre conseillers.

Chaque projet de loi est déposé et imprimé dans le *Staats-Courant* trois mois avant la discussion.

Le Président peut néanmoins user de son initiative personnelle et demander la discussion des projets urgents sans observer le délai de trois mois.

Voici les noms des principaux fonctionnaires et leur traitement.

Procureur général (10,800 fl.) ; surintendant d'enseignement (7,200 fl.) ; géomètre général (7,200 fl.) ; régistrateur général ou surintendant du cadastre (6,000 fl.); auditeur général (4,800 fl.) ; trésorier général (4,800 fl.); commis d'État (1,200 à 3,600 fl.).

Dans chaque district on trouve : un bailli (4,800 fl.); des

magistrats ou juges (2,400 fl.); des commis (1,200 à 2,400 fl.).

Chaque commune nomme un conseil communal.

Les sections de l'armée sont commandées par des commandants et des cornettes. Le général est nommé par le président pour la durée de la guerre. Tous les citoyens sont soldats.

Citons enfin les prédicants (2,700 fl.), et les instituteurs (1,800 à 2,400 fl.).

Au moment où Burgers devint Président de la République Sud-africaine, le tableau de la situation financière et commerciale n'était guère brillant. Le commerce était peu considérable et surtout peu rémunérateur. Les transports sont longs et coûteux, les colons devant se rendre au Cap ou au Natal pour écouler leurs produits. De plus, les Anglais frappent les marchandises de droits énormes s'élevant parfois jusqu'à 200 p. °/₀ de leur valeur.

Au point de vue financier la République n'était guère plus prospère. Comme conséquence des entraves commerciales, le papier monnaie avait cours forcé depuis plusieurs années. La livre sterling papier valait au Cap un florin 62 cents, soit 3 francs 42 centimes. Les Anglais n'auraient eu à cette époque qu'à tirer les Boers de cette situation pénible, en payant les dettes de l'État, pour annexer le pays sans coup férir. Heureusement pour les Boers, amis de l'indépendance, c'est à ce moment critique qu'un homme s'est rencontré : homme énergique, laborieux, patient, joignant à des qualités administratives indiscutables, une élocution facile, une éloquence imagée et vivante, bien propre à impressionner des hommes que l'éloignement de leurs frères d'Europe a retardés dans la voie de la civilisation.

A peine au pouvoir, Burgers emprunte au Cap 63,000 livres sterlings à 6 p. °/₀, à payer en 20 ans, par termes de six mois. Émis à 94 p °/₀, les titres montèrent à 104 en quelques semaines. Il proposa alors à l'Assemblée nationale le rachat du papier au pair. L'Assemblée approuva et vota à l'unanimité le remboursement en or de la dette.

Ensuite il présenta le budget des voies et moyens de 1874 qui était de 80,000 livres sterlings en or. Celui de 1872 n'avait

été que de 33,000 livres (papier). Ce résultat était un bien grand pas dans la voie des améliorations et, sans contredit, le mérite en revenait à Burgers. A peine installé à la présidence, il s'était mis à parcourir le pays. Par deux fois, il visita les districts, ne s'épargnant ni fatigues, ni veilles; ranimant l'activité de certains fonctionnaires, blâmant la négligence des autres, montrant enfin partout la résolution inébranlable de faire respecter les lois.

Ce fut après ces deux voyages que Burgers, qui avait su apprécier les richesses de la République Sud-africaine, conçut le projet de doter son pays d'un chemin de fer. Une maladie grave, des démêlés avec les Anglais vinrent un moment paralyser ses efforts.

Enfin, des jours meilleurs se levèrent et Burgers se rendit à l'Assemblée nationale pour exposer ses vues au sujet de l'avenir commercial du pays. Rappelant en quelques mots les conditions désastreuses que les Anglais font au commerce transvaalien, par suite des droits exorbitants de transit, les longues distances qui séparent la République des colonies du Cap et du Natal, il en conclut que le seul remède au mal était de changer la route commerciale. « Au lieu d'aller au Natal, que n'irions-nous à la » baie de Lagoa, et puisque la route est bien longue encore, » remplaçons-la par une voie ferrée, changeons nos chariots » en wagons et nos lourdes pataches en élégantes voitures. La » République Sud-africaine communiquera avec l'Europe par » Aden d'une part, par le Cap d'autre part. L'Europe, le » monde, sauront alors ce que nous sommes et ce que nous » pouvons. Ils sauront que le tabac, les laines, le bétail du » Cap, que l'or et les diamants du Cap sont aussi et sont surtout » les laines, l'or, les diamants du Transvaal. » Le Président terminait en demandant les pouvoirs nécessaires pour exécuter ses projets.

L'Assemblée n'hésita pas et quelques semaines plus tard le Président débarquait à Lisbonne où il obtenait un traité des plus avantageux.

Par ce traité le Portugal s'engage : à fournir à la République,

à titre de prêt, un subside s'élevant à la moitié du prix des travaux nécessaires pour établir la voie ferrée de Lorenzo-Marquez aux confins du Transvaal, sur une longueur de 150 kilomètres; à lui céder les terrains nécessaires appartenant à l'État; à permettre la libre entrée du matériel fixe et roulant pendant quinze ans, tant pour le premier chemin de fer que pour son prolongement sur le territoire transvaalien, etc. De son côté, la République Sud-africaine s'engage à établir le chemin de fer et à le relier à un centre de production. L'intérêt du capital prêté par le Portugal est garanti par les droits d'entrée qui pourront s'élever de 3 à 6 p. °/₀ suivant les cas.

Le Président visita ensuite la Belgique et la Hollande et conclut avec la maison Insinger et Cie un emprunt de 3,600,000 florins en titres à 5 p. °/₀. Cet emprunt a été émis à 88, il est amortissable en 25 ans. Le produit des impôts, qui s'augmentera par une perception plus régulière et le développement du commerce, sert de garantie à l'emprunt. La maison de banque a pris de plus hypothèque sur 500 propriétés choisies de 4,000 arpents environ, appartenant à l'État. Le matériel complet du chemin de fer a été commandé à la Société Anonyme des Ateliers de la Dyle, à Louvain. Les travaux sont poussés avec la plus grande activité.

Il est hors de doute que les mesures prises par le Président au sujet de la réorganisation intérieure et des progrès commerciaux et industriels ne soient des plus salutaires pour la contrée.

Les travaux du nouveau railway, nécessitant la présence et les labeurs d'un nombre considérable d'étrangers, auront pour conséquence de civiliser et d'assainir la région située entre la baie de Lagoa et le Transvaal.

Il est probable pourtant que plusieurs colons, trop indépendants pour se soumettre à une autorité quelconque, verront les réformes d'un œil mécontent. Ils occasionneront peut-être des difficultés au Président et, suivant l'exemple de leurs pères, émigreront ensuite plus encore vers le Nord, agrandissant les con-

quêtes de la civilisation, et préparant, peut-être à leur insu, les voies mystérieuses de la Providence.

15 avril, 1876.

Les lignes précédentes étaient écrites quand la guerre entre les Cafres et les Boers est venue compromettre un peu les brillantes espérances que l'on était en droit de concevoir. Il ne nous appartient pas de préjuger l'issue de la lutte, mais il est probable que, si les Boers ne reprenaient pas le dessus, l'Angleterre interviendrait et imposerait ensuite tout au moins son protectorat comme prix de sa médiation.

Octobre, 1876.

DE

L'ÉCORCEMENT ARTIFICIEL DES BOIS

PAR LA VAPEUR SÈCHE SURCHAUFFÉE;

PAR

CH. DE KIRWAN,

Sous-inspecteur des forêts à Varzy (Nièvre-France).

Le 15 mars 1876, la Société des agriculteurs de France, réunie en assemblée générale, a accordé à M. de Nomaison, ingénieur civil, le prix de mille francs qu'elle avait mis au concours dans sa session de l'année précédente, pour être décerné à l'inventeur du meilleur procédé d'extraction des écorces hors du temps de sève.

Jamais prime n'aura été mieux méritée, jamais encouragement n'aura été donné à plus juste titre et plus à propos que dans cette circonstance. Par son système de décortication à l'aide de la vapeur sèche surchauffée, M. de Nomaison a planté le germe d'une amélioration considérable dans l'exploitation des bois. Il a aussi préparé l'extension de ce produit dont l'importance s'accroît de jour en jour, les écorces à tan, indispensables aux tanneurs pour la préparation des cuirs.

En quoi donc consiste le système d'écorcement de M. de Nomaison? Quels avantages présente-t-il sur l'ancien procédé d'écorcement en temps de sève, et quels sont les vices de ce dernier?

Mais d'abord, qu'est-ce que le procédé d'écorcement en temps de sève?

I

Personne n'ignore que, chaque année au retour du printemps, les arbres et les arbrisseaux, sollicités par les ardeurs renaissantes du soleil, sortent de leur repos hibernal. Leur sève se met en mouvement. Du fond des racines elle monte, par les parties externes du tissu ligneux, jusqu'à l'extrémité des derniers ramules de la cime, puis redescend aux racines par les parois internes de l'écorce, remonte et redescend encore jusqu'à ce que la foliation soit complète. La circulation de la sève, sans s'arrêter alors, — elle ne s'arrêtera qu'en automne, à la chute des feuilles, — se ralentit toutefois et n'a plus qu'un cours uniforme et tranquille.

On appelle *temps de sève* le moment du printemps où tous les éléments élaborés par la végétation de l'année précédente et solidifiés ou épaissis dans l'intérieur des tissus, s'amollissent, se dissolvent et, se joignant aux liquides puisés dans la terre par les racines, sont entraînés avec eux par une puissance d'ascension extraordinaire. On a pu mesurer la force de propulsion de cette végétation ascendante sur l'une des plantes ligneuses où elle est le plus remarquable. Un cep de vigne fut coupé net à $0^{m}50^{c}$ au-dessus du sol, à ce moment du retour de la végétation qui produit l'écoulement aqueux connu sous le nom de *pleurs de la vigne*. Un tube de verre à double courbure verticale fut adapté sur la partie coupée (fig. 1) : l'une de ses branches ascendantes, celle qui formait en quelque sorte le prolongement de la tige coupée, voyait monter dans sa cavité la sève qui continuait

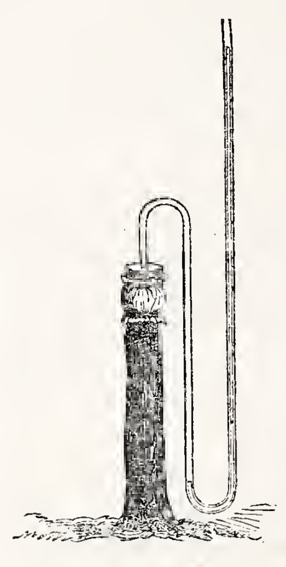


Fig. 1.

ainsi le mouvement commencé dans le cep. Cette sève, suivant les contours du tube, redescendait ensuite dans la courbure inférieure, laquelle se trouvait occupée par une certaine quantité de mercure. Or, telle était la vigueur d'impulsion de la sève, que l'Anglais Hales, — le premier qui ait fait cet essai expérimental, — a vu la colonne de mercure, chassée par elle, s'élever jusqu'à une hauteur de 1 mètre dans la troisième branche verticale du tube. On sait que le mercure pèse quatorze fois plus que l'eau, et Hales a calculé que la force qui poussait ainsi la sève dans la vigne est cinq fois plus grande que celle qui pousse le sang dans une grosse artère de cheval (1).

Tous les végétaux ligneux, sans doute, ne lancent pas leur sève printanière avec une force égale, et cette force est moindre au sommet de la tige et des rameaux qu'au voisinage du sol. Mais il est facile de comprendre que quand un courant analogue, même moins fort, (il l'est souvent plus), fait circuler ainsi le liquide séveux entre le bois et l'écorce, l'adhérence entre ces deux parties d'une tige ou d'une branche soit nulle ou à peu près. Aussi n'avait-on jamais imaginé, si ce n'est depuis une dizaine d'années, de choisir un autre moment que le printemps pour dépouiller de leur écorce les arbres et rejets dont l'enveloppe corticale est réclamée par les besoins de l'industrie. Lors de l'exploitation des coupes de bois, qui se fait normalement de novembre à mars ou avril, on laisse sur pied tous les brins, tiges et rejets, bons pour être écorcés, c'est-à-dire, très-principalement, les sujets d'essence chêne (2). Puis dès que, par l'effet du réveil de la sève,

---

(1) ADRIEN DE JUSSIEU. — *Botanique;* BOUQUET DE LA GRYE. — *Les bois indigènes et étrangers,* Paris; J. Rothschild.

(2) Le chêne est loin d'être la seule essence forestière dont l'écorce soit utilisable par l'industrie; mais c'est la plus riche en tannin et partant la plus recherchée pour la préparation des cuirs. Certaines parties de l'écorce comme le *liber* (tissu interne) en contiennent jusqu'à 16 p. °/₀; le *rhytidome,* ou partie extérieure morte, en contient encore 4 p. °/₀, et l'ensemble de l'écorce d'un vieux chêne, toujours moins abondante en tannin que celle des jeunes arbres, en fournit 6,3 p. °/₀. (A. MATHIEU, *Flore forestière.*)

Dans le nord de l'Europe on recherche beaucoup aussi l'écorce de bouleau (1, 6 p. °/₀ de tannin) qui communique aux cuirs la couleur et l'odeur caractéristique des cuirs, dits *de Russie.* La partie blanche de cette écorce renferme en outre près de moitié de son poids

l'adhérence de l'écorce au bois se trouve momentanément détruite, on procède à l'opération de l'écorcement. C'est ordinairement dans un espace de temps compris entre les derniers jours d'avril et les premiers jours de juin. Pour ce faire, l'ouvrier, dès que sa cognée a détaché une branche d'une tige ou celle-ci de sa souche, pratique au gros bout de cette tige ou de cette branche, une incision longitudinale à l'aide d'un biseau en fer ou en bois, ou mieux en os. Cette incision, une fois commencée, se poursuit sans effort jusqu'à l'autre extrémité de la tige, bûche ou pièce de bois; après quoi celle-ci est enlevée rapidement du fourreau d'écorce qui l'entourait et qui conserve, après l'enlèvement, l'apparence extérieure du fragment d'arbre qu'il enveloppait naguère.

Telle est la manière de s'y prendre pour écorcer les bois en temps de sève.

C'est le procédé ordinaire, le seul et unique jusqu'à ces dernières années; on pourrait l'appeler le *procédé naturel*. L'écorce, en effet, se détache naturellement et comme d'elle-même au premier contact de la main de l'ouvrier armée d'un outil presque insignifiant, tandis qu'avant ou après le mouvement de la sève elle adhère fortement au bois. Pour l'enlever alors, sans avoir fait subir aux brins à écorcer une préparation préalable, il faudrait se servir d'outils tranchants qui ne détacheraient que la portion d'écorce avec laquelle ils seraient en contact. Par là on verrait s'élever la main-d'œuvre à un taux excessif qui dépasserait sans

---

d'une résine particulière appelée *bétuline*. — Dans la même région, là où le chêne fait défaut, on utilise aussi pour la tannerie l'écorce des saules, principalement du saule marceau, celle du sapin argenté, de l'épicène, des jeunes mélèzes. (*Ibid.*)

L'écorce de l'arbrisseau appelé « Sumac des corroyeurs » est employée à la préparation des cuirs dits *marocains*.

D'autres écorces encore, bien qu'on les utilise peu, contiennent du tannin : le marronnier d'Inde : 1,8 p. °/₀ (Davy); le mérisier : 10 p. °/₀ d'après Gassicourt; le cornonniller mâle : 8,7 p. °/₀ et l'aune commun : 16.5 p °/₀ (plus même que la meilleure et plus fine écorce de chêne) d'après le même; le peuplier blanc ou ypréau : 3 p. °/₀ environ. (*Ibid.*)

Certaines écorces peuvent aussi rendre d'autres services; ainsi celle du houx dont on extrait la glu et celle de la bourdaine qui fournit une matière tinctoriale rougeâtre. Enfin l'orme champêtre et surtout le tilleul ont un liber fibreux et tenace avec lequel on peut fabriquer des nattes et des cordages grossiers, mais plus résistants que ceux qui sont faits avec le liber du chanvre ou du lin.

aucune mesure la valeur du produit. L'écorcement naturel exige donc impérieusement la coupe en temps de sève des bois que l'on veut dépouiller de leur enveloppe corticale.

Or c'est ce que l'on évite en recourant au procédé artificiel de M. de Nomaison.

Mais quel intérêt y a-t-il à éviter d'écorcer, de *faire de l'écorce*, pour employer l'expression populaire, pendant le temps de la sève?

Cet intérêt est considérable et de deux natures : intérêt cultural et intérêt économique.

II

Le fait d'exploiter les bois pendant que la sève est en circulation et plus particulièrement en mai, au moment de son maximum d'activité, au lieu d'employer à ce travail les mois d'automne et d'hiver, a d'abord, forestièrement parlant, un inconvénient majeur; il serait mieux de dire : une série d'inconvénients.

Le plus grand d'entre eux ne consiste pas dans la perte de *recrû* qui résulte d'une exploitation trop tardive. Quand la coupe des bois a été faite avant le réveil de la végétation, les souches des arbres et brins abattus donnent des rejets dès la fin d'avril; et comme ces rejets correspondent au maximum d'activité du mouvement de la sève, ils acquièrent promptement une assez grande élévation. On en voit parfois qui, dès le mois de juin, ont atteint un mètre et plus de hauteur.

Il est clair que ce rejet des souches, que ce *recrû* est perdu lorsque l'exploitation a lieu en mai et en juin. La sève, au lieu de s'amonceler au pied de la souche coupée pour gonfler et faire sortir tout autour d'elle les bourgeons *proventifs* ou latents cachés sous l'écorce, se répand dans la tige encore sur pied sans d'ailleurs pouvoir l'en faire profiter puisque cette tige est abattue au moment même, et avant que la sève qu'elle vient de recevoir ait eu le temps de déposer autour du bois une nouvelle couche de tissu ligneux. A la vérité un second appel de sève qui, ayant lieu habi-

tuellement en juillet et en août, est connu sous le nom de *sève d'août,* réparera partiellement ce dommage. Mais enfin le recrû de la première année ne sera guère que de la moitié de ce qu'il devait être si la coupe eût été effectuée pendant les mois d'hiver. La perte peut donc s'évaluer assez exactement à *la moitié d'une sève* ou *d'une feuille,* c'est-à-dire à la demi-production ligneuse d'une année.

Là n'est pas, avons-nous dit, le plus grand inconvénient de l'écorcement de la sève. Il en est un autre, beaucoup plus grave bien que moins immédiatement apparent. Il provient de la fatigue considérable, de l'espèce d'épuisement qu'éprouvent les souches par suite de l'abatage des bois pendant le mouvement de la sève. On a fait ressortir plus haut quelle est la vigueur extrême d'impulsion, au retour du printemps, des liquides organiques contenus dans les tissus ligneux. Coupés pendant que durent les effets de cet élan, ces tissus laisseront s'écouler au dehors la totalité de la sève qu'ils avaient mission d'envoyer dans tout le corps et jusqu'aux dernières ramifications du sujet abattu. De là le liquide devait revenir à cette même souche, enrichi de nouveaux éléments puisés dans l'air atmosphérique par l'action respiratoire et d'absorption des organes foliacés ([1]). L'arbre ou le rejet étant coupé, il est clair que l'écoulement de sève qui lui succède se fera en pure perte. A la longue, sans doute, l'orifice des vaisseaux, fibres et cellules tranchés sur la souche, finira bien par s'obstruer et s'oblitérer; et quand, en fin juillet ou en août, aura lieu un second appel de la sève, les bourgeons proventifs sortiront de l'écorce, tout autour de la souche. Mais celle-ci n'en aura pas moins subi l'épuisement résultant de tout ce qu'elle aura perdu sans compensation ([2]). Dans un taillis s'exploitant à 18 ou 20 ans,

---

([1]) Voir, sur les fonctions de respiration et d'absorption des feuilles, le remarquable traité de physiologie végétale de M. Bouquet de la Grye dans *Les bois indigènes et étrangers*, cité plus haut, pp. 57 et suiv.

([2]) Cette perte non compensée est d'autant plus grande que le liquide séveux qui obéit au mouvement ascensionnel du printemps contient en dissolution cette sève solidifiée appelée *réserve alimentaire* qui s'était déposée à l'entrée de l'hiver dans les tissus du bois. Il y a donc perte non-seulement de la sève de formation récente ou actuelle, mais encore de cette sève élaborée de la saison précédente, la plus riche en éléments constituants du tissu ligneux.

par exemple, et soumis chaque fois à l'écorcement naturel, les souches seront usées bien avant l'âge, et après avoir fini par ne donner plus que des rejets chétifs ou languissants, elles périront tout à fait. Pour peu que ce grave déchet ne soit pas compensé par la pratique d'un choix rationnel et suffisant d'arbres de réserve, voire par des repiquements de glands ou de jeunes plants dans l'hiver ou au printemps qui suit l'exploitation de chaque coupe, celle-ci ne verra pas s'écouler plus de trois ou quatre retours d'exploitation ou *révolutions*, sans qu'à un taillis bienvenant et complet aient succédé des vides, des clairières qui s'agrandiront d'année en année jusqu'à la ruine définitive de la forêt.

Tel est, avec le temps, l'effet de l'écorcement pendant la sève; et cet effet est singulièrement activé par un troisième et non moins grave inconvénient qu'il nous faut signaler.

Quand on tarde jusqu'en mai et juin pour procéder à l'abatage d'une coupe de bois, tous les bois abattus, leurs branchages, leurs écorces, etc., s'étalent sur le parterre de la coupe au moment même de la végétation et en suspendent l'essor partout où ils recouvrent les souches, leur interceptant l'air et la lumière. Ce n'est pas tout. Il faut enlever ces produits, et pour cela introduire bêtes et chariots dans l'intérieur de la coupe. Les dégâts que causent les charrois dans une coupe exploitée en temps de sève sont incalculables. Le bois des souches et des racines courant à fleur de terre est plus tendre, l'écorce, soulevée en quelque sorte par le passage de la sève, se détache au moindre choc, et le frottement des roues, le poids des chargements, les pieds des chevaux, brisent les bourgeons et les rejets, écorcent ou éclatent les souches et les étocs, aggravant ainsi dans une large mesure le dommage résultant d'une déperdition de sève déja ruineux par elle-même.

Ces considérations, d'un intérêt majeur pour le propriétaire, touchent moins l'exploitant, le marchand de bois. Il lui importe assez peu que le fonds sur lequel il exerce son industrie mais qui ne lui appartient pas, doive, par la suite, souffrir de son mode d'exploitation.

Voici des faits qui sont de nature à l'impressionner davantage :

L'époque de l'ascension de la sève n'est ni absolument constante ni de longue durée. Elle est fréquemment interrompue par les variations atmosphériques. Elle correspond toujours à une époque de l'année où la reprise des travaux agricoles absorbe beaucoup de bras et où, partant, rares sont les ouvriers et chère est la main-d'œuvre. Il faut donc, le moment venu, écorcer à tout prix et *faire vite,* employer, par conséquent, un grand nombre d'ouvriers à la fois. Vienne un regain de froid, un coup de bise, un brouillard : la sève s'arrête. L'ouvrier doit s'arrêter aussi. Au moins n'écorce-t-il qu'à grand'peine et n'a-t-il réalisé, au bout de sa journée, qu'une somme de travail insuffisante. On évalue à un quart au moins la proportion des bois qui, destinés chaque année à la décortication, restent non écorcés par suite des empêchements résultant des fluctuations de la sève sous l'influence des intempéries. Il y a plus. Les menus brins du taillis, désignés sous le nom de *charbonnette* parce qu'on les emploie ordinairement à la fabrication du charbon, ne sont pas généralement compris dans les bois à écorcer. A longueur égale un brin de faible diamètre est presque aussi long à décortiquer qu'un brin beaucoup plus gros, et le temps manque forcément pour extraire l'écorce de ces brindilles, bien qu'elle soit la meilleure et la plus riche en tannin. Mais si l'on est contraint de s'abstenir d'écorcer un quart des arbres et brins dont on avait ajourné l'exploitation dans ce but, à plus forte raison ne peut-on songer à en augmenter la quantité.

Il y a donc, au point de vue économique, tout aussi bien qu'au point de vue cultural, un intérêt considérable à pouvoir écorcer en toute saison, sans subordonner la coupe et l'exploitation des bois à l'écorcement, ni l'écorcement au caprice des mouvements de la sève.

Pour cela, il s'agit de faire subir au bois coupé en temps ordinaire une préparation qui, sans l'altérer ni dans le bois proprement dit, ni dans l'écorce, détruira cependant l'adhérence de l'une à l'autre.

Tel est le but pleinement atteint par le procédé et l'appareil

de M. de Nomaison dont il nous reste à parler et que nous décrirons d'après le *Rapport* sur les conclusions duquel la Société des agriculteurs de France a accordé un prix de mille francs à l'inventeur [1].

III

La première idée de l'écorcement artificiel des bois n'appartient pas à M. de Nomaison ; mais il en a considérablement perfectionné l'application, grâce à un appareil nouveau, facilement transportable, peu encombrant et d'un prix relativement faible.

C'est en 1864 qu'un maître de forges de Châtillon-sur-Seine (Côte-d'Or), M. Maître, imagina d'employer la vapeur d'eau pour détruire l'adhérence de l'écorce au bois qu'elle recouvre. Il s'était demandé si, en trouvant moyen d'écorcer en toute saison, on n'arriverait pas à augmenter, dans une forte proportion, la proportion des écorces, cette marchandise dont le prix va toujours croissant. Il essaya de faire passer un courant de vapeur à moyenne pression dans une caisse remplie de bois coupés depuis un temps plus ou moins long, et put constater qu'après un certain nombre d'instants d'immersion dans le bain de vapeur, ces bois offraient la même facilité d'écorcement que s'ils eussent été

---

[1] La section de la Société ayant la sylviculture pour attributions et présidée par Mgr le duc d'Aumale, avait fourni les membres de la Commission chargée de se livrer à une enquête minutieuse sur le procédé de M. de Nomaison.

Cette Commission était ainsi composée :

Mgr le duc d'Aumale, président; MM. Barbié du Bocage, vice-président; Pissot, conservateur du bois de Boulogne, secrétaire; Clavé, Maurice Vilmorin, de Wailly, de Barghon, Bezet, Regnault, de Bertier, Vte du Roscoat, Bron de l'Espée.

M. Pissot, secrétaire de la Commission, a rédigé et lu en assemblée générale le rapport de cette Commission, lequel a ensuite été publié sous ce titre :

Écorcement des bois par la chaleur. — Rapport *présenté à l'assemblée générale des agriculteurs de France le 15 mars 1876, au nom de la section de sylviculture, par* M. Pissot, *inspecteur des forêts, conservateur du bois de Boulogne.* — Paris, imprimerie centrale des chemins de fer, A. Chaix et Cie.

coupés au moment même et pendant le mouvement de la sève. Ceux qui ont vu fonctionner l'appareil de M. Maître, en 1867, à Billancourt, à l'annexe agricole de l'Exposition universelle, peuvent dire avec quelle facilité et quelle promptitude fonctionnait cet appareil. Des expériences nombreuses permirent de constater que la qualité des écorces ainsi obtenues n'était pas inférieure à celle des écorces faites en temps de sève, et que leur prix de revient ne s'éloignait pas sensiblement des conditions normales.

Cependant, le procédé de M. Maître ne dépassa pas le champ des expériences ou de quelques exploitations d'essai ; il n'entra pas dans le domaine de la pratique. La routine, cette passion de fait dans un temps qui a la passion théorique du progrès, est la première cause de cette froideur. Elle n'est pas la seule, il le faut reconnaître. Le générateur dans lequel M. Maître préparait sa vapeur était lourd et compliqué; son appareil, peu portatif, ne pouvait guère fonctionner que dans des centres de grandes agglomérations de bois : on n'aurait que difficilement songé à le transporter de forêt à forêt, moins encore de coupe à coupe dans une même forêt. On reprochait, en outre, au procédé les effets probables ou au moins possibles de l'humidité qui pouvait dissoudre une partie du tannin contenu dans l'écorce et diminuer par conséquent la richesse de celle-ci, autrement dit sa qualité. On vit même des tanneurs refuser, pour cette raison, les écorces extraites à l'aide de l'appareil de M. Maître. Celui-ci ne se découragea point. Pour parvenir à améliorer pratiquement ses appareils, le maître de forges fit appel à un ingénieur; et M. de Nomaison, ancien élève de l'École centrale des arts et manufactures, ingénieur au service de la Compagnie des chemins de fer d'Orléans, reprit à son compte l'idée de M. Maître pour en perfectionner l'application en la rendant plus facile et moins coûteuse.

Il fut d'abord amené à reconnaître que ce n'est point, comme eau à l'état de gaz, mais bien comme véhicule de chaleur, que la vapeur agit sur le bois et sur l'écorce. De là, double conséquence : supprimer la pression de la vapeur, ce qui permettrait

d'alléger, à l'abri de tout danger, l'appareil en amincissant ses parois; remplacer cette pression par une surélévation de la température et, la vapeur étant sèche, anéantir par là l'objection tirée de la dissolution d'une partie du tannin.

M. de Nomaison construisit, en conquence, un générateur de dimensions relativement minimes et dont le poids, au lieu des 1200 kilogrammes que pesait celui de M. Maître, n'atteint pas quatre quintaux. C'est une réduction de plus des deux tiers. L'appareil est disposé de façon à pouvoir, au moyen d'une suffisante surface de chauffe, produire en très-grande quantité la vapeur. Celle-ci est portée à une température minima de 130° qui, suffisante pour produire l'effet voulu de disjonction de l'écorce avec le bois, n'altère ni l'un ni l'autre : ce n'est qu'à 200° que le bois commence à se décomposer par combustion. Mais, de 130 à 170 degrés, les liquides contenus dans le bois entrent en ébullition, s'épandent au-dessous de l'écorce qu'ils dilatent et qui cesse ainsi d'être adhérente.

C'est dans ces conditions nouvelles que la Société des agriculteurs de France, section de sylviculture, fut saisie de la question de l'écorcement artificiel, et qu'une commission désignée par elle se livra, en avril 1873, à diverses expériences à ce sujet dans le bois de Vincennes et à Viroflay. Le résultat constaté par la commission fut seulement la *possibilité* de l'écorcement artificiel en forêt. Elle ne voulut pas encore se prononcer plus catégoriquement : tout en approuvant le principe de l'appareil de MM. Maître et de Nomaison, elle croyait y remarquer des défauts d'application et de détail et fit part aux constructeurs de ses observations.

L'ingénieur et le maître de forges se remirent courageusement à l'œuvre, apportèrent au générateur les perfectionnements qui leur avaient été indiqués, et méritèrent qu'après nouvel examen la Société des agriculteurs de France leur décernât, en 1874, une médaille à titre de récompense.

C'était une adhésion, implicite mais certaine, au procédé nouveau.

L'esprit de routine ne fut pas pour cela désarmé. La haineuse

envie, toujours acharnée contre tout ce qui est utile et bon, n'épargna pas les inventeurs : c'est l'honneur des hommes de bien d'être incessamment en butte à ses morsures. Dans la région parisienne les tanneurs et les marchands de bois refusaient systématiquement toute efficacité au procédé, toute qualité suffisante aux écorces ainsi obtenues.

Ce ne fut donc pas, cette fois, de Paris que nous vint la lumière, au moins sur ce point.

Mais en différents lieux de la province, des Ardennes au Périgord, le système Nomaison fut apprécié, et aujourd'hui de nombreux appareils y fonctionnent, qui donnent les résultats qu'on en pouvait espérer.

La Société des agriculteurs de France, cependant, ne perdait pas de vue cette importante question, et c'est sur ces entrefaites qu'elle décida, dans sa session de l'année 1875, l'allocation d'un prix de mille francs à décerner, l'année suivante, à l'inventeur du meilleur procédé d'écorcement artificiel des bois. Seul concurrent sérieux, M. de Nomaison, après de nouveaux perfectionnements apportés à son appareil, remporta ce prix en mars dernier, comme nous l'avons dit en entrant en matière.

Cette haute approbation et cet encouragement imposant ne furent pas les seuls.

L'Administration s'est préoccupée, elle aussi, de l'amélioration considérable qu'apporterait avec elle la propagation d'une telle méthode. Une commission officielle où figuraient des hommes de la valeur et de la compétence de MM. Meynier et Lorentz, Administrateurs à la Direction générale des forêts; Serval, Conservateur des forêts à Paris; Lévy, Président du syndicat des bois, des marchands de bois, des tanneurs, etc., a expérimenté, en décembre 1875, dans le bois de Viroflay, le système d'écorcement artificiel de M. de Nomaison. M. Faré, Directeur général des forêts, et un grand nombre de propriétaires de bois et d'exploitants assistaient à ces expériences. L'impression générale produite sur les personnes présentes a été des plus favorables, de chaleureuses félicitations ont été adressées à l'habile ingénieur, et l'État, à la suite de cette épreuve, a fait l'acquisition d'un appareil

Nomaison pour l'administration des forêts. La commission officielle a été ainsi mise à même de suivre, dans une série d'exploitations régulières, l'application pratique de cet ingénieux appareil.

Sur la qualité, sur la richesse en tannin des écorces ainsi obtenues des expériences pratiques ont été faites et des expériences théoriques. Des savants tels que M. Mouillefert, professeur de chimie à l'École d'agriculture de Grignon; M. Grandeau, professeur de chimie agricole à la Faculté de Nancy; M. Nanquette, directeur de l'École forestière; M. Rabourdin, chimiste à Orléans; M. Maret, chimiste à Paris, se sont chargés des dernières. Ils ont constaté qu'il n'existe pas de différence appréciable entre les écorces de chêne extraites par le procédé naturel et celles obtenues par le système Nomaison, quant à la richesse en tannin. M. Mouillefert même, précisant ses conclusions dans un chiffre, fixe à 7,14 p. °/₀ la proportion de tannin qu'il a trouvée dans les écorces de chêne soumises à son analyse, aussi bien dans celles qui avaient été élevées en temps de sève que dans celles qui avaient été détachées par la chaleur artificielle. M. Maret, lui, trouve une différence, mais bien faible, qui serait en faveur de l'écorcement en temps de sève, les écorces ainsi obtenues fournissant du tannin dans la proportion de 7,80 p. °/₀, et les écorces obtenues par la chaleur artificielle n'en produisant que 7,57, soit 0,23 p. °/₀ en moins. Avons-nous tort de dire que la différence, si elle existe, n'est pas appréciable [1]?

Quant aux expériences pratiques, c'est à des tanneurs qu'elles revenaient. Un grand nombre de ces industriels, après expérimentation en grand, ont rendu les témoignages les moins équivoques sur l'égalité sensible de qualité entre les écorces des deux provenances. On peut citer : MM. Fortier-Beaulieu à Paris, Jodeau-Labbé à Château-Renault, Vincent à Nantes, Parent et Decrox-Donneau à Givet, Barrier au Mans, Rossignol à Vierzon et enfin Gérard-Becquet à Maestricht. Leurs attestations se rapportent toutes aux deux années 1875 et 1876. Mais dès 1866

---

[1] Voir le *Rapport* précité, pp. 8 à 10.

plusieurs tanneurs français attestaient que les écorces obtenues par le chauffage à la vapeur humide (procédé Maître) étaient aussi bonnes que les autres, et plus tard l'Administration prussienne, ayant fait étudier pour son compte la question à Wiesbaden par une commission où figuraient notamment un tanneur, un forestier et un chimiste, est arrivée aux conclusions suivantes :

Des poids égaux de peaux traitées par des écorces de l'une et l'autre origine ont produit des poids sensiblement égaux de cuirs et de qualité égale. (Rapport du tanneur.)

Le bois de chêne exploité en hiver pèse plus que celui coupé en été : un mètre cube, coupé en cette dernière saison, pèse 892 k^{os} et fournit 128 k^{os} d'écorce; coupé en hiver, il donne 165 k^{os} d'écorce et pèse 1,027 k^{os}. — Les rejets de chêne, dans les coupes exploitées en hiver, dépassent ceux des coupes exploitées en été dans la proportion de 1^{m},90 à 1^{m},05. (Rapport du forestier.)

La vapeur et l'eau de condensation n'enlèvent aux écorces que 2 à 5 p. $^0/_0$ de leur tannin. La qualité du tannin ne varie pas sensiblement dans les différents mois de l'année et l'écorce du bois coupé en hiver vaut l'autre lorsque son extraction par la vapeur ne se fait qu'au printemps. (Rapport du chimiste) ([1]).

IV

Nous donnons ici, d'après le rapport cité plus haut de M. Pissot, la description de l'appareil de M. de Nomaison.

Cet appareil consiste en une chaudière verticale et cylindrique, à foyer intérieur. La figure 2 en représente l'aspect extérieur. « Un réservoir d'eau entoure la boîte à fumée, ce qui permet d'alimenter avec de l'eau chaude. De nombreux tubes en cuivre

([1]) Voir le *Rapport* précité, pp. 10 et 11.

donnent une surface de chauffe considérable. L'eau descend jusqu'au fond du générateur et entoure complètement le foyer.

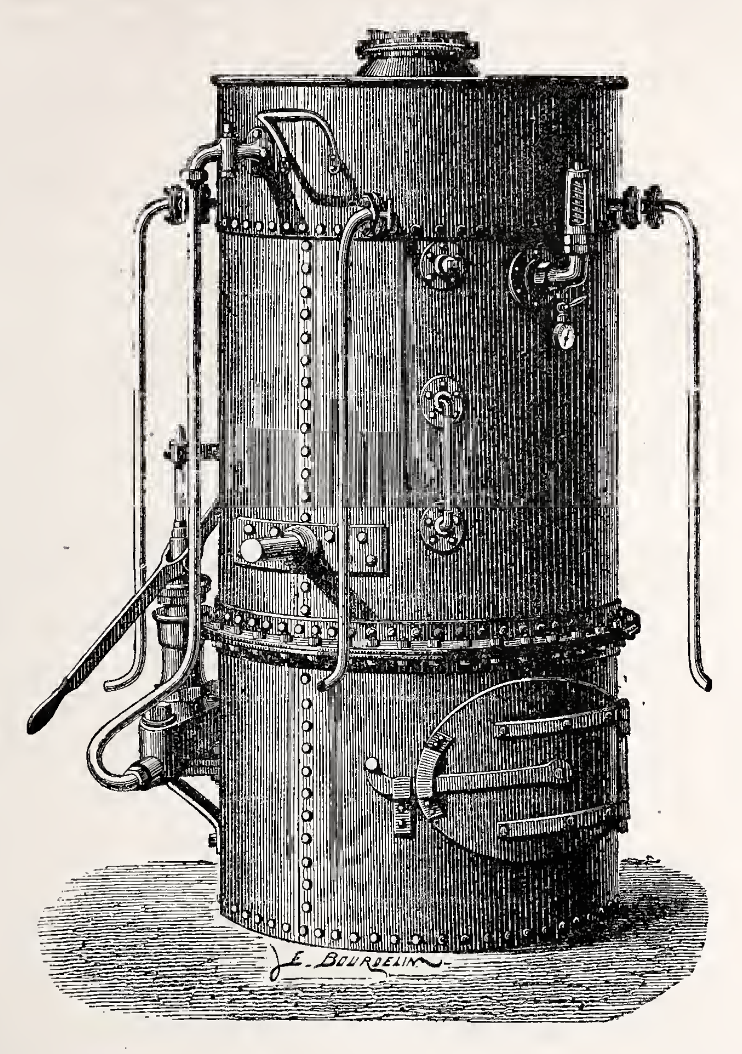


Fig. 2. — Vue de la machine laissant voir la pompe d'alimentation, et l'un des tourillons servant à la suspendre sur le charriot de transport.

Subissant l'action directe des gaz du foyer, ces tubes chauffent et sèchent la vapeur qui vient les lécher sur toute leur surface.

» La vapeur arrive ainsi à la partie supérieure, dans un surchauffeur (boîte en cuivre rouge), et de là sort à la température d'environ 170 degrés, entre dans les cuves à 130 degrés et s'en échappe ayant encore près de 100 degrés.

» Un tube de niveau en verre, placé à l'extérieur, permet de voir la hauteur de l'eau dans la chaudière.

» On alimente à l'aide d'une pompe qui refoule l'eau du réservoir supérieur et la fait pénétrer dans la machine.

» La vapeur, étant utilisée au fur et à mesure de sa production, n'a pas de pression sensible, de sorte qu'il n'y a jamais à redouter le moindre danger d'explosion.

» L'appareil est d'un poids relativement faible (moins de 400 kilogrammes), de manière à être facilement transporté à travers les coupes (fig. 3).

» Les bois à écorcer sont placés dans des cuves ou récipients en bois (il y en a quatre en général) disposés symétriquement autour de la chaudière; la vapeur pénètre à la partie inférieure de chaque cuve au moyen d'un tuyau partant du surchauffeur de la machine. Ce tuyau porte un boisseau, muni d'une clef, qui permet de régler l'admission de la vapeur.

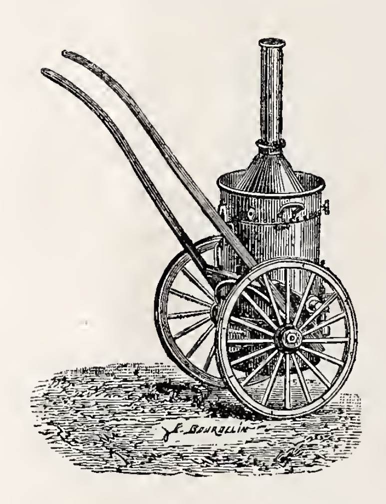


Fig. 3. — L'appareil posé en suspension sur son charriot de transport.

» Ces cuves cylindriques varient de dimensions avec la longueur du bois à écorcer; ainsi on peut leur donner depuis 1^{m},20 jusqu'à 4 ou 5 mètres et même plus de longueur. Seulement, il faut alors réduire la circonférence de manière que la capacité soit toujours la même et ne dépasse pas un mètre cube ou 1^{m},250, au moins pour les générateurs actuellement en usage (fig. 4).

» Ces cuves sont disposées sur de petits chevalets, avec une

légère inclinaison, pour laisser s'écouler par un petit trou les jus ou les liquides qui s'échappent du bois sous l'action du calorique.

» Chaque cuve, remplie de bois, n'en contient que $0^{st}750$ à cause des vides qui résultent de l'empilage.

» Au moment où la vapeur est introduite pour la première fois dans chaque cuve, au commencement de la journée, elle est absorbée par le bois, de sorte qu'il s'écoule environ deux heures avant que l'écorçage puisse se pratiquer facilement. Mais lorsqu'on fait l'opération la seconde fois, il suffit que le bois soit soumis une heure et demie à la vapeur pour que l'opération puisse se faire. Cela tient à ce que les cuves étant déjà échauffées, il y a bien moins de refroidissement et la vapeur conserve toute son action. Du reste, cet intervalle varie sensiblement suivant la dimension des bois et surtout le temps depuis lequel ils sont abattus. Plus les bois sont gros, plus on s'éloigne de l'époque de l'abatage, plus il faut de temps. La durée de l'opération varie aussi avec le combustible que l'on emploie. On conçoit en effet que plus le combustible donne de calorique, plus la vapeur est surchauffée rapidement et plus son emploi et son action sont rapides. Du reste, pour s'assurer du moment où l'on peut commencer l'opération, il suffit de retirer une bûche et de l'essayer. On a reconnu aussi que le bois commence à être à point dès qu'il s'écoule du jus et que la vapeur tend à s'échapper par les joints. Quand on retire le bois, après le temps voulu, l'écorce se détache aisément sous forme de fourreaux complets, lisses à l'intérieur.

» Quatre hommes peuvent, en vingt minutes, effectuer l'écorçage des bois contenus dans une cuve. On peut dire que c'est le temps maximum pour les bois de dimensions moyennes, c'est-à-dire de $0^{m},20$ à $0^{m},40$ de circonférence. Comme il faut dix minutes pour recharger les cuves, c'est donc une demi-heure que dure l'opération pour chaque cuve; de telle sorte qu'en deux heures les quatre cuves peuvent être vidées et remplies, et que quand la dernière est vidée on peut revenir à la première où l'on trouvera des bois prêts à être écorcés. On voit donc qu'il s'établit ainsi un roulement continu et qu'en une journée de dix heures

de travail on peut vider cinq fois les quatre cuves et écorcer 15 stères de bois (fig. 4).



Fig. 4. — L'appareil avec ses accessoires et prêt à fonctionner.

» Il est bon de faire remarquer qu'il serait sans inconvénient de donner aux cuves une capacité telle qu'elles continssent exactement un stère, de telle sorte qu'on pourrait écorcer 20 stères de bois; mais alors il faudrait employer deux écorceurs de plus. Un stère donnant en moyenne 100 kilogrammes d'écorces, c'est donc 1,500 à 2,000 kilogrammes d'écorces qu'on pourrait produire par jour avec une machine, soit 75 à 100 bottes, puisque chaque botte pèse 20 kilogrammes.

» Comme, outre les quatre ou les six manœuvres employés à l'écorçage, il faut un chauffeur pour alimenter la machine et un homme pour retirer le bois des cuves, il en résulte qu'on produit 12 à 13 bottes par jour et par homme. Or, par le procédé ordinaire, un homme ne peut pas faire plus de 8 à 10 bottes. Il y a donc, par l'emploi de la machine, augmentation de produit.

» Voyons maintenant quel sera le prix de revient.

» Évidemment il doit varier suivant le prix de la main-d'œuvre dans la localité où l'on opère. Toutefois, il n'est peut-être pas

inutile de faire remarquer que pour pratiquer l'écorçage il n'est pas nécessaire d'employer des ouvriers bien habiles et bien forts. Nous avons vu l'opération très-bien faite par des femmes et des enfants. Mais ne tenons pas compte de cette circonstance et supposons un prix moyen de trois francs pour les écorceurs et de cinq francs pour le chauffeur. Il est en outre nécessaire que celui-ci vienne sur le chantier deux heures avant les ouvriers, afin de produire la vapeur et de l'introduire dans les cuves qui ont dû être emplies la veille.

» Il résulte des expériences faites que, pendant la journée, on brûle 200 kilogrammes de charbon de terre ou un peu plus d'un stère de bois, que l'on prend dans la coupe même où l'on opère, car il a été reconnu qu'il ne fallait pas employer du bois sec, lequel brûle trop vite et donne pendant un certain temps trop de chaleur. En outre, il faut soixante litres d'eau par heure pour entretenir la machine, soit 600 litres par jour.

» Prenant ces différents chiffres pour base, nous pouvons ainsi établir la dépense moyenne pour 75 bottes d'écorce ou pour 1,500 kilogrammes :

Un chauffeur	5f	»
Quatre hommes à 3 francs	12	»
Une femme	2	50
Un enfant	1	50
Combustible	10	»
Transport de l'eau	2	»
Frais généraux et d'amortissement (empiler les bois, lier les écorces)	6	»
TOTAL	39	»

» Ce qui porte le prix de revient des 1,000 kilogrammes d'écorces à 25 fr. 50 c. environ, tandis que certainement, par l'opération en temps de sève, ils reviendraient, dans les mêmes circonstances, au moins à 30 francs.

» Si au lieu de cuves contenant seulement 0st,750 on en avait contenant 1 stère de bois, ce qui permettrait de faire 2,000 kilogrammes d'écorces par jour, le prix de revient se trouvant aug-

menté seulement du prix de la journée de deux hommes, soit de 6 francs, les 1,000 kilogrammes d'écorces ne coûteraient à peine que 23 francs.

» On voit donc, ainsi du reste que cela a été reconnu dans bien des circonstances, que le prix des écorces obtenues par le procédé de M. de Nomaison est inférieur à celui obtenu par le procédé ordinaire. M. Bourdon-Nanquette, de Charleville, qui emploie les appareils de M. de Nomaison depuis 1873, a trouvé comme différence du prix de revient en faveur de l'écorçage par la chaleur seulement 10 p. °/₀, mais il espère arriver à plus de 30 lorsqu'il emploiera les machines perfectionnées. »

Tel est l'appareil d'écorcement artificiel, son mode de fonctionnement et le prix de revient de l'écorce calculé sur des données moyennes parfaitement plausibles.

Négligeons la diminution acquise ou même à accroître, dans ce prix de revient : bornons-nous à le considérer comme égal à celui de l'écorce obtenu par l'ancien procédé. Il n'en reste pas moins établi ce fait énorme, à savoir que l'écorcement artificiel par la chaleur donne, *sans augmentation de prix*, de l'écorce de qualité égale à celle obtenue par la décortication naturelle. Dès lors si l'on veut bien se reporter aux considérations sur lesquelles nous avons établi plus haut l'importance majeure qu'il y aurait, au point de vue cultural, à supprimer l'écorcement en temps de sève, on devra reconnaître que la solution de ce problème est aujourd'hui trouvée. Il faut convenir aussi qu'à égalité de prix de main-d'œuvre entre les deux méthodes, l'intérêt économique, celui des exploitants, trouve également son compte dans la méthode artificielle. Plus de gêne ni d'arrêt dans l'opération par l'effet de variations atmosphériques; plus de nécessité d'opérer pendant une époque climatériquement irrégulière et d'ailleurs très-courte; plus d'empêchement de choisir son temps et de travailler à loisir quand la main-d'œuvre est moins rare et moins chère; plus de non-valeurs, c'est-à-dire plus de tiges restant en bois gris[1] par

---

[1] *Bois gris* se dit des bois façonnés en chauffage sans avoir été dépouillés de leur écorce. On nomme au contraire *bois pelards* ceux qui ont été préalablement écorcés.

défaut de durée dans le temps de sève, plus de menus brins abandonnés non écorcés à la carbonisation quoique les plus riches en principes tannifères.

V

En présence de ces faits et devant leur constatation publique par une autorité aussi compétente et aussi haut placée dans l'opinion que la Société des agriculteurs de France, on pourrait croire que l'opposition de la routine et de l'envie aurait désarmé. Pas encore cependant ; cela ne tardera plus guère. Mais tant qu'il lui sera laissé quelques pouces de terrain, elle les défendra pied à pied. Une dernière objection lui reste à laquelle elle s'attache avec un acharnement véritable.

L'écorce levée en hiver, disent les opposants, ne sèche pas ou sèche mal, et personne n'ignore qu'il suffit d'un peu de fermentation, de quelques moisissures, pour ôter à des écorces presque toute leur valeur. Pour qu'une dessiccation convenable s'opère sur les écorces, il faut qu'elles soient aussitôt exposées à un air suffisamment chaud et sec, ce qui nous reporte au mois de mai. Mais si l'écorcement artificiel est reculé jusqu'en mai, que devient son avantage ? A égalité de main-d'œuvre, j'aurai toujours profit à écorcer par le procédé naturel qui ne demande aucune mise de fonds préalable plutôt que par la méthode artificielle qui m'oblige à user d'un appareil dont le prix d'acquisition est de 2,000 à 3,000 francs (1).

---

(1) Il y a des appareils de divers types.

La machine de petit modèle, de 0m,67 de diamètre, du poids de 300 kilogrammes, avec soixante tubes, pouvant produire 1,000 kilogrammes d'écorces par jour, parce qu'elle ne permet d'employer que trois cuves, est du prix de 2,000 francs tout compris.

La machine grand modèle, qui pèse 500 kilogrammes, a un diamètre de 0m,80 ; elle renferme quatre-vingt-dix tubes et peut alimenter quatre cuves et produire 2,000 kilogrammes d'écorces. On la transporte facilement à l'aide d'un chariot à deux roues, qui aide à la mettre en place ; le prix de cet appareil complet est de 3,000 francs.

M. de Nomaison peut encore construire des appareils d'un plus grand modèle, d'une production proportionnelle à leur puissance, mais qui ne sont que très-difficilement transportables, et qui ne pourraient être employés que sur des points où se trouvent de grandes agglomérations de bois. (*Rapport* de M. Pissot.)

Pour être spécieuse l'objection ne laisse pas d'avoir un côté fondé que nous n'aurons garde de méconnaître. Cependant, à ne considérer même que les résultats pratiques, cette objection n'est pas majeure, et comme le fait très-judicieusement remarquer M. Pissot, si M. Bourdon-Nanquette qui, depuis trois ans, emploie le procédé Nomaison pour l'obtention des écorces, ne les avait pas livrées bien sèches, viendrait-on maintenant les lui acheter 10 p. °/₀ plus cher que celles obtenues par le procédé ordinaire?

« Le meilleur moyen de sécher l'écorce et le plus économique, dit M. Bourdon-Nanquette, est de la laisser à l'air libre et d'attendre qu'elle soit sèche. Tout dépend de la manière de l'arranger pour qu'elle se conserve par le mauvais temps.

» Du reste, l'écorce en hiver ne s'avarie pas; la fermentation n'a lieu que par la chaleur et la privation d'air. J'ai trouvé que décembre et janvier étaient deux mauvais mois pour ce travail; je me borne, à ce moment, à faire abattre le bois que je fais écorcer en février et mars; à cette époque, l'écorce est parfaitement sèche vingt-quatre heures après l'écorcement [1]. »

Voilà un fait, et il appert de là que la difficulté de la dessiccation ou du *séchage* de l'écorce obtenue par la méthode artificielle n'est pas une difficulté insurmontable. A la vérité, M. Bourdon-Nanquette n'explique pas comment il s'y est pris pour faire sécher ses écorces : c'est peut-être son secret, et s'il le garde, il est dans son droit. Mais un de ses confrères, M. Barrier, marchand de bois au Mans, indique un procédé. Il s'exprime ainsi :

« Le séchage m'a longtemps beaucoup préoccupé; la rosée détériorait l'écorce lors même qu'elle était sèche. Pour remédier à cet inconvénient, j'ai fait exécuter à la porte de chaque cuve un hangar fait avec des poteaux ronds, et recouvert par des panneaux garnis de genêts. Je préférerais un hangar en volige et charpente boulonnée, d'un déplacement facile. Ce hangar abrite d'abord les ouvriers employés à l'écorcement, qui, ainsi, peuvent travailler par tous les temps. A la suite, je place un autre hangar de 5ᵐ,50

---

[1] Lettre à M. Pissot citée par lui dans son *Rapport*.

de largeur et de 10 mètres de longueur ; il est destiné à recevoir les écorces que je fais sécher dans un four de mon invention et dont l'installation ne doit pas coûter plus d'une centaine de francs. Ainsi j'arrive à faire sécher les écorces au fur et à mesure qu'on les produit, de telle sorte que, dès le lendemain, je puis les livrer (1). »

Ici nous avons une dessiccation artificielle complétant l'écorcement artificiel. C'est chose rationnelle et logique. Mais d'ailleurs, et cette remarque est fondamentale, rien n'oblige à écorcer de suite après avoir exploité. Le bois coupé en novembre, décembre, janvier, février, peut s'écorcer en mars et avril où, d'ordinaire, le soleil est déjà plus chaud, le vent plus vif et plus sec. Pourvu que les mesures soient prises de telle façon que les bois, avant l'écorcement, n'aient pas été desséchés par les hâles et les chaleurs relatives de ces deux mois, ce qui rendrait leur décortication difficile, il paraît certain que les écorces levées précisément en présence de ces premières effluves, seront dans d'aussi bonnes conditions de dessèchement que celles qu'on aurait extraites quelques semaines plus tard au fur et à mesure de l'abatage des bois, d'après la méthode ordinaire.

Par conséquent les procédés quels qu'ils soient, employés par M. Bourdon-Nanquette et par M. Barrier, pour la dessiccation artificielle de leurs écorces détachées par la vapeur sèche, ne sont pas le corollaire indispensable de l'écorcement par la chaleur. Il est clair que l'on peut s'en passer si l'on a soin de choisir, pour écorcer le bois exploité et façonné dans le cours de l'hiver, l'époque précédant immédiatement celle de l'écorcement naturel, c'est-à-dire les mois de mars et d'avril. Et par là tombe à néant l'objection tirée de la difficulté du séchage pendant les mois d'hiver ; on n'est pas tenu d'écorcer avant le printemps les bois exploités de novembre à mars.

Que si, par suite de telle ou telle circonstance particulière, l'exploitant avait intérêt à écorcer sans attendre le retour du prin-

(1) Lettre à M. Pissot citée par lui dans son *Rapport*.

temps, on arriverait sans grand'peine à trouver des moyens de dessiccation artificielle plus simples et plus économiques que celui de M. Barrier. Ce n'est plus, ici, qu'une question de détail, une question accessoire, qui, par la force des choses, se résoudra d'elle-même dès que le procédé Nomaison, plus connu et plus répandu, sera apprécié partout comme il mérite de l'être [1].

Puissions-nous avoir contribué à cet utile résultat!

Il ne faut pas, toutefois, se faire d'illusion. La routine et l'envie ne se tiennent pas pour définitivement battues. Elles lutteront encore contre le progrès indiscutable qu'apporte, en sylviculture comme dans l'exploitation des bois, l'idée de M. Maître développée et appliquée par M. de Nomaison. Mais tôt ou tard cette idée triomphera des résistances ainsi qu'il est toujours arrivé et qu'il arrivera toujours pour toutes les conquêtes vraies et fécondes de la science et de l'industrie.

---

[1] Si cependant, dit M. Pissot, on trouvait quelque avantage à procéder à l'écorcement même pendant les très-mauvais temps d'hiver, on pourrait, sans recourir aux hangars, employer un moyen très-simple d'abriter les écorces.

« Ce moyen, le voici :

» Planter en terre des piquets de $1^{m},50$ à 2 mètres de hauteur, les relier par des traverses provenant des bois mêmes de la coupe, mettre au-dessus une faîtière et des solives sur lesquelles on fera une espèce de toit, soit avec des genêts, soit avec des bruyères, soit avec tous autres produits de cette nature que l'on trouve toujours dans les forêts, de manière à empêcher la pluie d'atteindre les écorces, et à les abriter suffisamment pour qu'elles puissent, sans danger, sécher à l'air libre.

» Il est bon de faire remarquer, d'ailleurs, que cette dessiccation devra s'opérer d'autant plus facilement que, quand les écorces viennent d'être extraites, elles sont échauffées à près de 100 degrés, et que, par conséquent, elles doivent rapidement perdre par l'évaporation la plus grande partie de l'humidité dont elles sont imprégnées. » (*Rapport* précité.)

LA

GÉOGRAPHIE DE L'AFRIQUE

JUSQU'AU COMMENCEMENT DU XVIIIe SIÈCLE.

LU A LA SÉANCE DU 24 OCTOBRE 1876

Par M. Louis DE BEYS.

La région, appelée aujourd'hui Soudan, resta entièrement inconnue aux anciens. Deux tribuns de l'armée romaine, Septimius Flaccus et Julius Maternus firent bien une expédition dans le Sahara; mais, quoique leur voyage ait duré pour l'un trois mois, pour l'autre quatre mois, il est certain qu'ils ne dépassèrent pas la limite méridionale du grand désert.

L'Éthiopie fut beaucoup mieux connue; l'antiquité tout entière y plaçait les sources du Nil et l'attention fut constamment portée de ce côté.

Ératosthène savait déjà (220 av. J.-C.) que le grand bras du Nil, le corps du fleuve, descend directement du Sud, où il sort de certains lacs; il savait aussi que le bras oriental sort d'un lac.

Hipparque (150 av. J.-C.) et Ptolémée (140 apr. J.-C.) connaissaient également les sources du Nil. Ptolémée dit que le Nil prend sa source dans deux lacs situés au pied des montagnes de la Lune, à environ 12 $^1/_2$ degrés de latitude méridionale tous deux et distants de cent lieues l'un de l'autre. On pourrait objecter cependant que les anciens connaissaient l'existence de ces lacs, non parce qu'ils les avaient vus ou en avaient entendu parler,

mais par une sorte d'intuition ; ils pouvaient se dire en effet que, la saison des pluies étant nécessairement courte dans le centre de l'Afrique, il fallait bien que le Nil y eût un vaste réservoir qui lui fournît l'eau pendant la saison sèche.

Il nous est resté un texte intéressant concernant un voyage en Éthiopie, ordonné par Néron, dans le but de préparer la conquête de ce pays.

Pline et Sénèque recueillirent de la bouche même de deux centurions qui avaient pris part à l'expédition des renseignements précieux qu'ils nous ont conservés.

Sénèque s'exprime ainsi : « J'ai entendu raconter aux deux centurions que Néron avait envoyés à la découverte de la source du Nil, qu'ils avaient fait un long chemin à l'aide des secours que leur avait fournis le roi d'Éthiopie, et des recommandations qu'il leur avait données pour les rois voisins. Au bout de cette course, disaient-ils, nous arrivâmes à des marais immenses dont les habitants ne connaissaient point et désespéraient de connaître jamais les bornes. Ce sont des herbages entremêlés avec l'eau, qui forment un marais si bourbeux et si embarrassé, qu'il est impossible de le traverser à pied, ou même dans un bateau à moins qu'il ne soit très-petit et propre à contenir une seule personne. Là, disaient-ils, nous avons vu deux rochers d'où tombait un grand fleuve..... »

Eschyle, dans le *Prométhée délivré,* parle du « marais fécondant des Éthiopiens, d'où sort le fleuve sacré de la mer Érythrée. »

Hérodote parle aussi de ce marais.

Nous savons aujourd'hui, mais depuis bien peu de temps, qu'avant de se réunir au bras qui vient de l'Abyssinie (le Bahr el Azrak, fleuve Bleu), la branche principale du Nil (le Bahr el Abyad, fleuve Blanc) traverse une région toute remplie de forêts et de marais immenses.

Il paraît donc évident que les Romains pénétrèrent en Éthiopie jusqu'au 9e degré de latitude septentrionale.

Strabon s'exprime ainsi : « Les anciens n'ont guère su que par conjecture, mais les modernes ont appris, en allant sur les lieux, que les inondations du Nil sont dues aux pluies d'été qui tombent

en abondance dans l'Éthiopie supérieure, principalement dans les montagnes les plus reculées. »

Les anciens avaient donc pénétré jusqu'à la partie supérieure du cours du Nil.

Strabon, du reste, pour préciser sa pensée, nomme cinq voyageurs grecs qui ont exploré l'Éthiopie et ont laissé des relations de leurs voyages; ces relations sont malheureusement perdues.

Pline cite plusieurs peuples de l'intérieur dont on peut encore, avec assez de probabilité, reconnaître les noms sous la terminologie latine: ainsi les Atabuli de Pline sont les Ataouïa actuels, les Davelli, les Debdailèh. On peut donc dire que les anciens avaient des connaissances plus avancées qu'on ne le croit généralement sur l'Afrique intérieure ([1]).

D'après Rufin, St-Mathieu fut l'apôtre de l'Éthiopie; mais le christianisme ne s'y implanta d'une façon stable qu'au milieu du IVe siècle.

Un philosophe de Tyr, Meropius, pénétra en Abyssinie à cette époque; accompagné de ses deux fils Aedesius et Frumentius, il voulait explorer ces pays encore inconnus.

Plus tard, après un assez long séjour, Frumentius se rendit à Alexandrie; il y fut sacré évêque des Éthiopiens par St-Athanase en 346; sa vie a été écrite par les Bollandistes.

Un siècle plus tard, il ne restait déjà presque plus rien du christianisme.

Alors arrivèrent d'Égypte pour restaurer la foi chrétienne neuf missionnaires dont les noms indiquent des origines bien diverses; c'étaient : Aragawi ou Za-Michaël, Pantaleon, Garima, Tzehma, Aftze, Guba ou Otz, Imeata, Liqanos et Alef.

Les souverains de l'Abyssinie se convertirent à la foi chrétienne; la vie de l'un d'entre eux, Saint Élesbas, a été écrite par les Bollandistes dans les *Acta Sanctorum*.

Justinien lui envoya à deux reprises des ambassadeurs, d'après

---

([1]) Les renseignements qu'on vient de lire sont empruntés pour la plupart à l'ouvrage si complet de M. Vivien de St-Martin sur le Nord de l'Afrique dans l'antiquité.

ce que raconte Procope; Saint Élesbas vengea même, sur ses instances, les martyrs qu'avait mis à mort le roi d'un peuple voisin, les Homérites.

Chaque année pendant fort longtemps les empereurs de Constantinople envoyaient des présents aux rois d'Éthiopie.

Vers l'année 525, toute l'Abyssinie était chrétienne.

Depuis le VIe jusqu'au XIIIe siècle, il n'est resté de traces d'aucune expédition; au XIIIe siècle, le Vénitien Marco Polo qui voyagea pendant de longues années et qui pénétra jusqu'en Chine, alla visiter l'Éthiopie.

Depuis cette époque jusqu'au milieu du XVe siècle, les rois d'Abyssinie restèrent constamment en relations avec l'Europe; en 1445, l'empereur d'Abyssinie, Zar Jacob, envoya un ambassadeur au Sénat de Florence.

Mais c'est au XVIe siècle que les explorations en Abyssinie devinrent nombreuses et importantes.

Il y avait à Jérusalem une communauté de prêtres abyssins entretenus par leurs compatriotes auprès du tombeau du Christ; leurs récits donnèrent aux Portugais une telle idée de la richesse de ces contrées que ceux-ci se décidèrent à y faire des explorations.

Peu après Peter Corvilhain arriva le premier chez le Négus, empereur d'Abyssinie, qui résidait à Shoa; à la suite de ce voyage une ambassade abyssinienne se rendit à Lisbonne.

Les missionnaires portugais de la Compagnie de Jésus s'avancèrent sur les pas des explorateurs et des commerçants; ils établirent des missions considérables en Éthiopie; beaucoup d'entre eux ont laissé des relations de leurs voyages.

Les plus célèbres de ces voyageurs sont le P. Paëz, le P. Alfonso Mendès, patriarche d'Éthiopie, et surtout les PP. Lobo et Antonio Fernandez.

Le P. Paëz raconte que, se trouvant le 21 avril 1618 dans le royaume de Gojam, il y découvrit deux fontaines rondes qui sont, dit-il, les sources du Nil; nous verrons plus loin le P. Lobo nous parler en détail de ces sources; le P. Paëz parcourut les royaumes de Bagamider, Amhara, Olaca, Schaoa, Domota, Bizamo et Gumancana; il donne dans sa relation des détails intéressants.

Le patriarche Alfonso Mendès a laissé un manuscrit sur l'histoire d'Abyssinie; d'après lui cette contrée s'étendait autrefois du 7e au 17e degré et comprenait trente-six royaumes, dont il rapporte les noms.

Le P. Lobo, qui accompagna en 1625 le dernier patriarche d'Éthiopie Mendès, a raconté ses travaux dans un précieux mémoire.

Il s'était rendu de Lisbonne à Goa, où les jésuites avaient de grands établissements. Les Pères d'Éthiopie écrivirent à leurs supérieurs que l'empereur s'était converti et réclamèrent de nouveaux missionnaires. Le P. Lobo s'embarqua donc avec sept autres Pères, le 26 janvier 1624, sur une galère qui allait à Mozambique; déposés dans l'île de Paté, ils devaient chercher à pénétrer de là en Éthiopie.

Le P. Lobo s'avança jusqu'à Jubo, à 40 lieues au nord de Paté, en traversant le territoire de plusieurs peuples, notamment celui des Abagnes; il décrit en passant le royaume de Jubo, situé exactement sous l'équateur. A deux ou trois lieues se trouvait un camp de Gallas qui ravageaient le pays; les Pères furent reçus par le roi des Gallas et recueillirent de sa bouche des renseignements précieux sur une race encore aujourd'hui peu connue. Entre Jubo et les frontières de l'Abyssinie se trouvaient neuf peuples, trois de païens et de mahométans, les Mores, les Maracates et les Machidas; six de Gallas, les Bresomas, les Aruisas, les Arbores, les Dades, les Gajases et les Adias.

Reconnaissant l'impossibilité d'arriver au but de leur voyage, ils retournèrent à Goa.

Peu après, sur les prières d'Antonio Fernandez, supérieur de la mission d'Éthiopie, dix missionnaires, parmi lesquels se trouvait le P. Lobo, s'embarquèrent de nouveau à Goa pour l'Abyssinie; cette fois ils devaient tenter de pénétrer dans ce pays par Socotora, Aden et le détroit de Bab-el-Mandeb.

Le P. Lobo décrit avec soin les côtes de la mer Rouge. « Je ne pense pas, dit-il à cet endroit, qu'aucun Européen ait autant voyagé que moi dans tous ces pays. » La chose n'a rien d'extraordinaire puisque, au dire du P. Tellez, auteur d'une grande his-

toire d'Éthiopie, le P. Lobo n'a pas parcouru moins de trente-huit mille lieues.

Arrivé au port de Baylur, le Père s'habilla en marchand; il fut reçu par le roi de Dancali; après bien des dangers, il arriva à Fremone qui lui avait été désigné comme résidence.

Le passage le plus intéressant de cette relation est celui qui concerne la découverte des sources du Nil; voici le résumé de ce récit :

Le Nil nommé Abavi, c'est-à-dire le père des eaux, par les gens du pays, prend sa source dans la province de Sacahala, dans le royaume de Goiama, province habitée par les Agaus, peuplade qui se dit chrétienne, mais dont la religion est fort mêlée de superstitions. A l'est de ce royaume, sur le penchant d'une montagne est la source du Nil. Cette source ou plutôt ces deux sources sont deux trous ronds de quatre palmes de diamètre chacun à un jet de pierre l'un de l'autre. On croit que ces deux sources ne sont que les ouvertures d'un grand lac caché sous terre parce que le sol voisin est toujours humide et qu'il en sort des bouillons dès qu'on y marche. Les prêtres des Agaus jettent tous les ans une tête de vache dans la source.

Le P. Lobo décrit ensuite le cours du Nil qui se grossit successivement du Gemma, du Keltu, du Bransu, etc. Puis le fleuve entre dans le lac de Dambie (Bahr-Sena, Bahar-Dambia) et le traverse avec une telle impétuosité qu'on peut encore, à la sortie, distinguer les eaux du fleuve de celles du lac, quoique la longueur de ce dernier soit de six lieues. A cinq lieues de là, dans la terre d'Alata, il y a une cataracte magnifique; le P. Lobo put s'asseoir sous la nappe d'eau et jouir de la vue des arcs-en-ciel splendides que produisait la lumière en s'y jouant. Le Nil se resserre ensuite entre des rochers, au point que l'on pourrait y établir des ponts avec de simples poutres.

Si nous comparons maintenant nos connaissances actuelles avec ce récit, nous devons en constater la parfaite exactitude.

Le Nil est formé à Chartum par la jonction de deux fleuves: l'un, le Bahr-el-Abyad ou Nil Blanc vient de l'Ouest; nous verrons bientôt ce qui le concerne; l'autre, le Bahr-el-Azrak ou Nil Bleu,

vient de l'Éthiopie; c'est de cette branche que parle le P. Lobo.

Le Bahr-el-Azrak prend sa source à l'Ouest et non loin du lac Tsana, que le P. Lobo appelle Bahr-Sena ou lac de Dambie; ce dernier nom provient de ce que le lac touche au Nord au royaume de Dambia. La branche orientale du Nil traverse ce lac de l'Ouest à l'Est; les noms des affluents du Nil sont exacts, sauf les différences d'orthographe inévitables, vu la mobilité des langues de ces pays.

Les noms des royaumes qu'il a parcourus sont encore aujourd'hui sur nos cartes les plus récentes.

On comparera utilement avec les cartes modernes les cartes qui accompagnent la traduction du P. Lobo, imprimée à Paris, en 1728, ainsi que la carte qui accompagne l'*Historia geral de Ethiopia* du P. Tellez, imprimée à Coïmbre en 1660.

D'autres missionnaires encore parcoururent les pays qui environnent le lac Tsana. En 1616, le P. Antonio Fernandez forma le projet de se rendre directement de Dembea à Melinde; la distance est d'environ 300 lieues. Il traversa le royaume de Gojam et arriva dans la province de Narea, la plus méridionale de l'empire d'Abyssinie; il pénétra ensuite dans le royaume de Gingiro qu'il décrit soigneusement. Forcé de renoncer à son premier projet, il se dirigea à l'Est pour gagner la côte, sur le conseil du gouverneur de Narea. Il traversa ensuite le royaume de Cambate; arrivé à Alaba, il fut pris par un chef maure et contraint de retourner sur ses pas.

Les missions des jésuites acquirent une très-grande importance en Éthiopie : tout à côté du lac Tsana, dans la ville de Debsan, résidait le patriarche d'Abyssinie qui appartenait à la Compagnie de Jésus; tout le pays était couvert de résidences de missionnaires. La résidence du patriarche et les résidences secondaires sont indiquées sur une carte qui accompagne un mémoire de Ludolf sur l'Abyssinie, imprimé à Paris en 1728; on pourrait l'appeler la carte religieuse de l'Abyssinie au XVII[e] siècle.

Cette période de splendeur pour le christianisme ne fut pas malheureusement de longue durée. Le P. Lobo fut expulsé, les autres jésuites furent mis à mort peu après. La mission fut alors

confiée aux capucins français qui eurent le même sort. Plus tard pourtant les jésuites réussirent à pénétrer de nouveau sous la conduite du P. Brevedent, de Rouen : partis de Cantara, ville située sur le Nil, ils mirent cinq jours à traverser le désert, et arrivèrent à Sennaar dans le Soudan; le P. Brevedent a laissé une relation de ce voyage dans une lettre du 15 février 1699.

Il est donc établi que les Portugais eurent connaissance de tout le pays qui environne le lac Tsana où la branche orientale du Nil prend sa source; il semble qu'ils eurent connaissance aussi des grands lacs Victoria-Nyansa, Albert-Nyansa et Tanganyika, d'où sort la branche occidentale.

Le P. Du Jarrie, auteur d'une description du Congo, qui résida longtemps à Loanda, raconte ce qui suit : « Les Portugais qui ont demeuré quelques années dans ces pays et qui les ont parcourus, disent qu'il y a, comme le dit Ptolémée, deux lacs d'où sort le Nil, mais que leur situation est différente de celle qu'il leur attribue; l'un d'eux est à 12° de latitude méridionale, l'autre est sous l'équateur, à peu près sous le même méridien que le premier; il y en a qui disent que le Nil ne tire sa source que du premier et que les eaux du second ne se déversent pas dans le fleuve, mais qu'elles se dessèchent et se perdent peu à peu dans les sables; mais d'autres sont d'un avis contraire.....

Il y a, dit-il plus loin, dans l'intérieur de l'Éthiopie un grand lac ressemblant à une mer, long, à ce que l'on dit de cent lieues; c'est dans ce lac que les fleuves les plus importants de l'Afrique prennent leur source, notamment le Nil, le Zaïre, etc. Dans ce lac on voit un certain nombre d'îles, et parmi ces îles il y en a quelques-unes tellement grandes et tellement peuplées qu'elles peuvent réunir trente mille guerriers.....; non loin du lac le plus occidental se trouve un peuple féroce et barbare, les Giachas..... »

Sur les cartes les plus récentes, on peut constater l'exactitude de ces renseignements.

La branche occidentale du Nil prend en effet sa source dans un grand lac, l'Ukerewe ou le Victoria-Nyansa, situé exactement sous l'équateur, comme le dit le P. Du Jarrie; ce lac n'a été décou-

vert que tout récemment. Le P. Du Jarrie se trompe en donnant la longueur du lac; s'il a voulu parler de lieues marines, ce qui est probable, le lac n'aurait que soixante-quinze lieues au lieu de cent qu'il lui donne; mais cette erreur se comprendra facilement si l'on considère l'étendue du Victoria-Nyansa qui a plus de trois mille lieues carrées, c'est-à-dire, deux fois et demie autant que la Belgique. Les îles dont parle le P. Du Jarrie existent réellement; il y en a seize grandes dont l'étendue est de plus de trois cents lieues carrées.

Le second lac dont il parle, situé à 12° de latitude méridionale, pourrait être le lac Njassa; mais à cause de son éloignement, il semble plus probable qu'il s'agit du lac Tanganyika situé entre 5 et 10 degrés de latitude méridionale.

La question de savoir si le Nil prend sa source dans les deux lacs n'a pas encore été résolue définitivement; il en est de même de la source du Zaïre, le cours supérieur du fleuve n'ayant pas encore été reconnu. On ne peut guère dire que les Portugais ne connaissaient ces détails que par ouï-dire. La situation précise du Victoria-Nyansa exactement indiqué sous l'équateur, sa description frappante et la distance qui sépare Loanda du lac, distance qui est de plus de quatre cents lieues, rendent impossible pareille hypothèse; l'avenir du reste prononcera sur cette question; les Portugais doivent avoir établi des postes sur le trajet qui sépare Loanda du pays des lacs; on les retrouvera comme Livingstone a retrouvé les restes des factoreries portugaises sur les rives du Zambèse.

En 1727, d'Anville plaçait sur ses cartes un lac sans nom, allongé dans le sens du Nord au Sud, situé entre 5 et 10 degrés de latitude et 45 et 50 de longitude, c'est bien le lac Tanganyika; il indiquait aussi le cours du Zambèse jusqu'à une profondeur de 200 lieues dans les terres.

Il paraît donc que beaucoup de nos découvertes récentes étaient déjà connues, bien qu'imparfaitement, il y a deux siècles; il serait intéressant d'étudier les archives des anciennes missions portugaises en Afrique; malheureusement il est bien à craindre qu'elles n'aient complétement disparu.

Ces découvertes anciennes ne diminuent cependant en rien la gloire des hardis explorateurs qui s'en sont allés de nos jours porter au loin l'étendard de la science et de la civilisation, avec le désintéressement le plus absolu.

Ainsi peu à peu le vaste continent africain se découvre aux yeux du monde civilisé avec toutes ses misères et toutes ses hontes; il appartient aux hommes de cœur de lui donner la civilisation avec l'Évangile.

Tout récemment une entreprise considérable s'est établie dans ce but sous le patronage de la royauté belge; le Conseil de la Société scientifique a voulu contribuer en votre nom à ces nobles efforts. C'est ainsi, Messieurs, que nous avons été des premiers à acclamer une royale résolution qui portera au loin, avec le christianisme et la civilisation, le nom de la Belgique.

LA DOCTRINE DES CAUSES ACTUELLES ET L'ÉTUDE MICROSCOPIQUE DES ROCHES;

PAR

M. A. DE LAPPARENT,

PROFESSEUR A L'UNIVERSITÉ CATHOLIQUE DE PARIS.

Tous ceux qui ont suivi les progrès de la science géologique durant les quarante dernières années savent quelle large place a tenue, dans les préoccupations des savants, le conflit soulevé par la doctrine dite des *causes actuelles*. Ce conflit a partagé les géologues en deux camps : la plus ancienne des deux écoles, essentiellement française par son origine et ses traditions, peut se réclamer, dans le passé, des grands noms de Descartes, de Laplace et de Buffon; dans le présent, de ceux de Cuvier, de de Buch et d'Élie de Beaumont. Elle croit que, dans l'histoire du globe, il est entré en jeu, à plusieurs reprises, des forces différentes, par leur nature et par leur intensité, de celles qui opèrent aujourd'hui sous nos yeux. Tout en admettant, entre les diverses roches éruptives, une certaine communauté d'origine, elle ne pense pas que le granite ait pu avoir le même mode d'éruption que le porphyre ou le basalte; et les chaînes de montagnes sont à ses yeux le produit de phénomènes qui n'ont, soit avec les tremblements de terre, soit avec les oscillations lentes des côtes, qu'une connexion très-lointaine.

L'autre école a trouvé ses principaux partisans en Angleterre. Son chef a été longtemps sir Charles Lyell. Sa doctrine consiste à repousser toute intervention d'agents exceptionnels. Pour elle, les forces que nous voyons actuellement à l'œuvre sont celles qui ont présidé à toutes les phases du développement de la terre; elles ont été invariables dans leur essence, dans leur mode d'action et dans leur intensité. Tout le secret de la diversité de leurs

produits réside dans la durée pendant laquelle elles ont agi. Le *temps*, voilà donc le grand, on peut dire l'unique facteur de la doctrine des causes actuelles : c'est le temps qui peu à peu transforme les roches éruptives et change en granite les laves ou les trachytes. C'est lui qui, par une longue série de mouvements imperceptibles, amène les montagnes à ces hauteurs qui nous étonnent. Ainsi, sauf des changements de climat, ayant eu pour conséquence une transformation progressive dans les organismes qui peuplent la terre, notre planète aurait toujours vu se produire à sa surface la même série de phénomènes et il n'y aurait pas de motifs pour qu'il n'en fût pas ainsi indéfiniment.

On le voit, l'opposition est complète entre les deux écoles. De plus, la portée philosophique du débat est considérable. Il ne s'agit pas seulement de savoir si l'école des *cataclysmes*, comme on l'a souvent appelée, a exagéré l'intensité et la rapidité d'action des agents naturels; si elle a eu tort de faire intervenir, pour expliquer la forme des cratères, des forces soulevantes distinctes des éruptions volcaniques telles que nous les observons. Des questions d'un ordre plus élevé sont engagées dans cette controverse ; car s'il est vrai que les forces de la nature n'aient pas varié, n'est-on pas porté à croire que les phénomènes terrestres constituent une sorte de cycle indéfini où la même quantité de matière repasse tour à tour par les mêmes transformations ?

Cela joint à l'apparente immutabilité du monde astronomique, n'apporte-t-il pas un grand renfort à ces théories qui veulent que l'univers tout entier soit destiné à se mouvoir éternellement suivant les mêmes lois ?

Reconnaissons-le, cependant ; depuis longtemps déjà, malgré la faveur dont elle paraît jouir encore en Angleterre, la doctrine des causes actuelles a dû se passer de l'adhésion des plus illustres parmi les géologues. Les progrès mêmes de la paléontologie lui ont porté des coups sensibles. Comment soutenir, en effet, que les phénomènes naturels tournent toujours dans le même cercle, alors qu'on observe, dans la nature organique, cette marche continue vers des types de plus en plus différents de ceux qui ont marqué les débuts de la vie sur le globe ; et cela, sans qu'il y ait jamais le moindre retour vers les formes anciennes, sans

que l'ordre de succession des types, plus ou moins rapide suivant les contrées, ait jamais été interverti? N'est-il pas évident que la nature inorganique n'a pas pu échapper à cette loi de renouvellement et que, si l'essence des forces, pas plus que celle de la matière, n'a dû varier, du moins leur mode d'action a passé par maintes phases, dont chacune a donné lieu à un ordre déterminé de produits?

L'étude des phénomènes éruptifs ou thermaux confirme cette donnée et, depuis longtemps, l'esprit si sagace d'Élie de Beaumont en a précisé les termes dans cette *Note sur les émanations volcaniques et métallifères,* qui, malgré sa concision et la forme si modeste sous laquelle elle a été produite, n'en restera pas moins, peut-être, le titre le plus solide de l'auteur à l'admiration de la postérité. Dans ce mémorable travail, Élie de Beaumont, dressant une statistique de tous les corps simples rencontrés dans les roches éruptives et dans les filons, arrivait à cette conclusion que le nombre en est d'autant plus grand qu'on remonte davantage dans la série des âges et il exprimait cette découverte d'une façon saisissante en disant que, depuis le début, *l'activité chimique du globe a sans cesse été en diminuant.*

Malgré les preuves solides dont cette assertion était accompagnée, la plupart des géologues anglais ont continué à maintenir une véritable confusion dans la nomenclature des roches éruptives; c'est ainsi qu'au milieu même du terrain silurien, ils admettent l'existence de *cendres volcaniques*, donnant ce nom à certaines variétés de trapp, sous prétexte que leur composition chimique diffère à peine de celle des cendres rejetées par nos volcans. De même, posant en principe que le phosphore est, avant tout, un produit de la vie animale, ils regardent comme des sédiments métamorphiques toutes les roches où le phosphate de chaux a été trouvé en quantités notables. Cette idée du métamorphisme, exagérée encore par certains géologues américains, les a conduits à considérer beaucoup de roches éruptives comme d'anciens sédiments fondus par la chaleur centrale et injectés à nouveau au milieu de couches plus récentes.

Dans le même temps, les géologues allemands, poussant à l'extrême les déductions de la chimie minérale, en arrivaient presque à faire dériver toutes les roches les unes des autres par

voie de métamorphisme, comme les espèces minérales par voie de pseudomorphisme.

Ainsi l'étude des roches menaçait de devenir une véritable tour de Babel. Les progrès mêmes de la chimie et de la minéralogie ne pouvaient qu'augmenter ce désordre; les premiers en décelant nombre de substances dont il était difficile de savoir si la présence était accidentelle ou normale, les seconds en enlevant aux caractères cristallographiques la fixité et la rigueur qu'on s'était plu jusqu'alors à leur attribuer.

Sur ces entrefaites, le microscope, à l'aide duquel tant de conquêtes venaient d'être réalisées en physiologie, commença à être appliqué à l'étude des roches taillées en plaques minces. Cette étude, poursuivie d'abord avec succès en Angleterre et en Allemagne, fit connaître une foule de faits intéressants et inattendus. Néanmoins, pendant plusieurs années, il n'en résulta aucune lumière décisive sur l'origine et la parenté des diverses roches éruptives. Au contraire, le nombre considérable de minéraux que le microscope découvrait dans bien des roches où personne ne les avait soupçonnés, semblait plutôt propre à augmenter la confusion signalée.

Cependant, quelques faits importants étaient acquis : d'abord, dans certains porphyres, dans les pechsteins, les perlites, etc., on constatait que la pâte de la roche offre des traces nettes d'une *texture d'écoulement ou fluidale*, indiquant que la fusion ignée, plus ou moins aidée par les dissolvants, est intervenue dans la formation de ces diverses espèces. De plus, il était démontré que le phosphore, en combinaison avec la chaux sous forme d'apatite cristallisée, est un élément constant de la plupart des roches, même les plus franchement volcaniques, telles que les basaltes; en sorte qu'il devenait absolument inutile de recourir au métamorphisme pour expliquer la présence de cette substance dans des roches de la série des gneiss ou des micaschistes.

C'est à un ingénieur des mines français, M. Michel Lévy, qu'il était réservé de tirer enfin parti, pour la classification des roches, de toutes les conquêtes du microscope, en y ajoutant quelques observations nouvelles et réunissant le tout ensemble dans une synthèse hardie, qui apporte aux doctrines d'Élie de Beaumont la confirmation la plus décisive.

M. Michel Lévy comprit d'abord que, si les études des micrographes avaient été jusque-là frappées d'une sorte de stérilité, c'est qu'on s'était presque uniquement borné à des travaux de laboratoire. Or, si grande que soit l'importance de ces travaux, c'est sur le terrain que les questions géologiques doivent être préparées, sinon résolues. M. Lévy s'attacha donc, dans une série d'explorations, entreprises pour la plupart avec son collègue M. Douvillé, à observer les relations d'âge des granites et des porphyres, tant dans le massif des Vosges que dans le Morvan et le plateau central de la France. Cela fait, il étudia à nouveau la texture de ces roches au microscope polarisant et fut frappé des variations très-constantes que présentait cette texture suivant l'âge bien constaté des éruptions considérées.

Mais, pour que ces variations apparaissent dans toute leur netteté, il convient de commencer par les roches qui contiennent un excès de silice. Depuis longtemps, Élie de Beaumont avait basé sur la richesse en silice une division des roches en *acides* et en *basiques*, division adoptée et développée depuis par Durocher, Bunsen et autres. La première catégorie contient toutes les roches dans lesquelles la proportion de silice dépasse celle qui caractérise le feldspath, c'est-à-dire le plus acide de tous les silicates. Il est bien clair que, dans ce cas, il faut que toute la silice en excès s'isole et, comme elle ne peut être maintenue en fusion ou en dissolution qu'à l'aide de dissolvants énergiques, la manière dont son isolement aura eu lieu dépendra beaucoup des circonstances physiques et chimiques de l'éruption. On peut donc dire que la silice en excès offre, pour les roches acides, un élément d'information qui manque pour les autres. Ces dernières, en effet, composées de minéraux assez facilement fusibles, devront toutes manifester une tendance à la texture uniformément cristalline.

Une autre distinction importante, à laquelle M. Lévy a donné un caractère particulier de précision, est celle de la *pâte* des roches par opposition aux *cristaux en débris*. Toute roche à excès de silice est susceptible de former une pâte dont la fluidité dépend de l'énergie des dissolvants en jeu. Cette pâte cristallise plus ou moins complétement par le refroidissement; mais les cristaux qui se développent ainsi doivent être distingués avec

soin de ceux qui étaient déjà formés avant la consolidation de la pâte, soit que ces cristaux, arrachés à une roche plus ancienne, eussent été entraînés tout faits par la masse fluide en éruption, soit que leur formation résulte simplement d'un premier départ chimique antérieur au dernier refroidissement de la pâte. Les laves modernes offrent un exemple de ce genre et l'on y peut observer des cristaux de pyroxène déjà solides flottant au milieu de la roche encore en fusion.

Les cristaux en débris sont généralement faciles à distinguer au microscope, car ils présentent des surfaces usées, corrodées, des brisures et des cavités irrégulières dans l'intérieur desquelles les liquides de la pâte ont visiblement pénétré. La lumière polarisée rend cette distinction plus nette encore, car l'orientation des cristaux de la pâte étant généralement différente de celle des cristaux anciens où la pâte s'est infiltrée, ces deux ordres de cristaux, même quand ils appartiennent à la même substance, se reconnaissent à leurs nuances différentes.

De cette manière, M. Lévy a pu généraliser la notion de pâte, jusque-là restreinte aux porphyres, et faire voir que les granites eux-mêmes, dont le grain paraît uniformément cristallin, renferment en réalité une pâte de feldspath et d'orthose ; grâce à l'énergie des dissolvants, cette pâte est restée assez longtemps fluide pour pouvoir cristalliser ; mais elle se distingue, et par son orientation et par ses caractères extérieurs, des cristaux anciens, formés d'une partie du quartz et du feldspath avec presque tout le mica.

Cela posé, le fait dominant qui se dégage des travaux de M. Lévy est celui-ci : les roches acides forment, depuis les plus anciennes jusqu'à celles de la période triasique, une *série continue de textures,* dont les termes décroissants sont : granite, granulite, elvan, porphyre granitoïde ou anthracifère, porphyre rouge houiller, porphyre euritique supra-houiller, porphyre violet permien, pyroméride et pechstein. Dans cette série, l'individualisation de la silice de la pâte est de moins en moins nette et accuse une décroissance correspondante dans la force et la richesse des dissolvants. A l'état de quartz en grandes plages dans les granites, de quartz en grains ou en cristaux isolés dans les granulites et les elvans, la silice en excès s'isole, dans les porphyres grani-

toïdes, sous forme de micropegmatites ou de microgranulites associées aux cristaux en débris : dans les porphyres houillers, sa présence n'est plus décelée, sous le microscope polarisant, que par des globules ou sphérolites qui s'éteignent en une seule fois sous les nicols, et où, par suite, le quartz cristallisé possède une orientation unique et définie; dans les porphyres supra-houillers s'observent des globules à croix noire, c'est-à-dire concrétionnés, et paraissant constitués par un mélange de quartz et de calcédoine. Enfin l'état globuleux non-cristallin devient prédominant dans les pyromérides et les pechsteins, où d'ailleurs, la silice est à l'état d'opale et non plus de quartz.

D'autre part, on voit apparaître dans les porphyres houillers les premières traces d'une *fluidalité* de la pâte, qui devient très-accentuée dans les porphyres permiens et plus encore dans les pechsteins.

M. Lévy ne s'est pas borné là : il a examiné ce qu'il appelle les roches *intermédiaires*, c'est-à-dire celles où la teneur en silice se maintient aux environs de 60 p. %; et il a reconnu que les mêmes principes de classification s'y appliquent, mais que les caractères de texture, pour une roche intermédiaire d'un âge donné, sont *en avance* sur ceux de la roche acide du même âge; c'est-à-dire que si la seconde présente le phénomène des globules à extinction totale, la première donnera déjà, au microscope, des globules à croix noire; de même, la première sera franchement fluidale quand la seconde l'est encore à peine. Ainsi les roches intermédiaires, auxquelles appartiennent les porphyres noirs à pavés de Lessines et de Quenast, les trachytes et plusieurs porphyrites, rentrent dans la loi signalée.

On s'est arrêté dans cette énumération aux roches éruptives de la période triasique. En effet, cette période marque partout un ralentissement notable de l'activité éruptive, ralentissement qui coïncide, en revanche, avec le grand développement des filons concrétionnés. Ce repos paraît avoir continué pendant toute la durée des époques jurassique et crétacée. Mais avec la période tertiaire reparaissent de nouvelles éruptions et, comme si leur arrêt momentané avait donné aux dissolvants le temps de se reconstituer en partie, les premières roches acides qui se font jour (les prétendus granites de l'Ile d'Elbe et de l'Algérie) offrent la

texture granitique ou granulitique. Puis viennent les liparites ou porphyres molaires de Hongrie, enfin les obsidiennes et les perlites. La série est conforme à la précédente, dont elle offre une sorte d'écho affaibli.

Parviendra-t-on, pour les roches basiques, à obtenir des éléments de classification du même ordre ? Il serait prématuré de dire non. En tout cas, pour les roches acides, la cause est gagnée et il est dès à présent démontré que ce n'est pas à des actions ultérieures, à des phénomènes de métamorphisme, que les roches acides doivent les différences fondamentales observées dans leurs textures. C'est donc avec raison que le bon sens des géologues les avait conduits à diviser ces roches en familles, dont chacune pouvait comporter un âge et un mode d'éruption déterminé. Les travaux de M. Lévy établissent que si la texture est influencée par des phénomènes purement physiques, qui ont pu se reproduire identiquement à diverses époques, elle dépend aussi, à un haut degré, de la nature des dissolvants; que ce dernier terme a varié en quelque sorte d'une manière continue, de façon qu'il y a concordance entre la texture des roches et leur âge. Cela revient à dire que les actions sous l'empire desquelles les éruptions ont eu lieu ont subi elles-mêmes une évolution progressive dont la loi est résumée par la formule d'Élie de Beaumont. « L'activité chimique du globe a sans cesse été en diminuant. »

Rapprochons maintenant ce résultat des découvertes de l'analyse spectrale, qui nous montre dans les nébuleuses, les étoiles et les planètes, toutes les phases par lesquelles doit passer l'activité des mondes; ajoutons-y la certitude acquise que les anciennes constantes de l'astronomie sont sujettes à des variations qui altèrent d'une façon continue les éléments des orbites et la vitesse des corps planétaires; joignons-y les lois nouvelles, révélées par la thermodynamique et nous aurons le droit de conclure, non-seulement que la doctrine des causes actuelles est condamnée, mais que tout, dans les découvertes présentes de la science, nous montre que l'univers avance toujours dans un sens déterminé, qu'il ne tourne pas dans un cercle éternel, et qu'il aura une fin comme il a eu un commencement.

NOTE

SUR

UNE COUPE DU TERRAIN DÉVONIEN,

MISE A JOUR

A LA NOUVELLE ROUTE DE HAILLOT A ANDENELLE;

PAR

M. Ch. de la VALLÉE POUSSIN.

PROFESSEUR A L'UNIVERSITÉ CATHOLIQUE DE LOUVAIN.

Une route en construction et destinée à relier la commune de Haillot au hameau d'Andenelle, hameau dépendant d'Andennes, a mis récemment à jour quelques assises du terrain dévonien des deux bassins anthraxifères de Dumont. Cette route suit généralement dans son parcours le ruisseau qui descend d'Haillot pour se jeter dans la Meuse. Un coup d'œil sur la carte géologique montre qu'elle traverse le système des schistes et poudingues de Burnot du bassin méridional, pour franchir ensuite l'arête silurienne du Condroz, et traverser les assises dévoniennes et carbonifères successives du bassin septentrional jusques et y compris le terrain houiller.

Des excavations nécessitées par la route entament assez profondément le sol dans le voisinage du moulin de Coulisse (voyez le n° 1 de la coupe dessinée plus loin dans ce mémoire). A cet endroit les tranchées sont creusées dans la grande bande eifelienne quarto-schisteuse qui s'étend du bois d'Angre aux environs de Liége. On sait que M. Gosselet retrouve dans cette large bande la plupart des systèmes rhénans de l'Ardenne [1]. Les roches visibles à la nouvelle route sont surtout des grès blancs, ou bien gris avec une légère nuance de bleu ou de vert,

---

[1] *Ann. des sc. géolog.*, t. IV, pp. 337 et suiv. : Du système du poudingue de Burnot.

mais qui offrent souvent des zones ou bandes roses. M. Gosselet les a rapprochés de certains grès taunusiens. Ces roches, de même que les suivantes, pendent avec une forte inclinaison vers l'Est. En dessous d'elles, on trouve, avec quelques alternances schisteuses, des psammites parmi lesquels il en est de zonaires et qui ne sont pas sans analogie avec les quartzophyllades des environs de Recogne. Puis, des grès et des psammites gris-verdâtre foncé, renfermant des portions schisteuses et présentant à la cassure une espèce de pointillé blanc, mat, argileux, que l'on retrouve à peu près semblable dans beaucoup d'arkoses miliaires de Dumont. Suivent alors des couches schisteuses, rouges, brunes ou verdâtres, très-habituellement celluleuses et où s'intercalent quelques lentilles de grès et de psammites. Toute cette série offre quelques analogies avec le système gédinien. Enfin la route, comme il arrive si souvent, sort de la tranchée précisément vers l'endroit où elle pourrait mettre à découvert les assises les plus anciennes du terrain dévonien et leur superposition au terrain silurien du Condroz. Heureusement on peut mettre la main sur ces couches plus anciennes, à peu de distance de la nouvelle route. D'abord, ce sont des bancs de rognons calcareux associés à des feuillets de schiste et que l'on voit affleurer dans un chemin fangeux descendant au moulin de Coulisse (nº 2 de la coupe). Puis, à 1,500 mètres à l'Est, au hameau de Boussalle, on peut suivre sur une longueur considérable des bancs de grès poudingiformes inférieurs aux couches calcareuses et qui répondent à l'arkose de Dave de M. Gosselet, et d'après le même savant au poudingue pisaire de Fepin (nº 3 de la coupe).

J'attirerai l'attention sur les couches à nodules calcaires que je viens d'indiquer; je les crois importantes. Elles ont échappé à Dumont, dans les escarpements de la route de la Sauvenière près Huy, escarpements dont il indique la série pétrographique dans ses mémoires ([1]). M. Gosselet, traitant du poudingue de Burnot dans le mémoire déjà cité, déclare avoir reconnu des

---

[1]) *Mém. sur les terr. ardennais et rhénans,* dans les MÉM. DE L'ACADÉMIE DE BELGIQUE, t. XXII, pp. 321, 322, 324.

rognons calcaires dans les bancs de schiste dévonien inférieur, entaillé par le ruisseau de Dave, et il n'en dit pas davantage. Mais, en réalité, les bancs à noyaux calcaires se retrouvent dans la plupart des points où le sous-sol est mis à nu vers la lisière méridionale de l'arête silurienne du Condroz : comme à Hermalle, à Ombret, à la Sarte, à Boussalle, à Coulisse, à Grand-Pré, etc. C'est une assise régulière, caractéristique et qu'il faut étudier notamment à Hermalle-sous-Huy et à Ombret.

Aux places où les couches sont le mieux découvertes, comme à Ombret, on voit qu'elles sont composées de nodules calcaires enveloppés dans des schistes irréguliers, lesquels ont eux-mêmes un aspect marneux et font effervescence avec les acides. Les dimensions des nodules varient depuis la grosseur d'une noisette jusqu'à celle du poing ou davantage. Ces nodules sont généralement composés d'un calcaire très-compacte ou sub-cristallin, fréquemment sillonné de veines spathiques de la même substance. La couleur de ces calcaires noduleux est le rouge, le vert et le bleu ou une bigarrure de ces nuances. Ils sont très-habituellement pénétrés et comme subdivisés en tous sens par de la matière schisteuse moins cohérente qu'eux et plus sujette à se désagréger à l'air. Quand ces portions plus altérables ont disparu, la surface des nodules se couvre de sillons bizarres, polygonaux ou circulaires, qui donnent à une même masse l'aspect d'une agglomération de nodules plus petits. Ces nodules sont plus ou moins séparés les uns des autres par des feuillets schisteux délitables, et c'est pourquoi certains bancs de la roche ressemblent à des poudingues. La première fois que je constatai ces faits, il y a cinq ou six ans, dans la vallée d'Hermalle-sous-Huy, où ils prennent un développement notable, je crus d'abord à l'existence d'un poudingue calcareux vers la base des terrains dévoniens du Condroz. Mais en remarquant que le grand axe des nodules était souvent perpendiculaire à la stratification, je compris qu'il n'y avait là qu'un phénomène de concrétionnement. On peut observer souvent dans les mêmes systèmes de couches que les noyaux calcareux ont disparu en partie ou en totalité par suite d'actions chimiques dissolvantes, et il en résulte alors, à l'intérieur des schistes, des cavités nom-

breuses, très-irrégulières, souvent tapissées d'une substance pulvérulente brunâtre. J'ai recueilli des échantillons où l'on saisit très-bien le passage du schiste nodulaire au schiste plus ou moins celluleux. Il me paraît très-probable qu'une bonne partie des schistes celluleux et à aspect presque scoriacé que l'on a indiqués depuis longtemps dans les assises dévoniennes inférieures du pays n'ont pas d'autre origine.

L'existence d'une assise calcareuse dans un système aussi pauvre en calcaire que celui de Burnot est un fait important. Aussitôt que je fus assuré de sa réalité, l'idée me vint de la rapprocher des *cornstones* de l'Angleterre.

On sait que le vieux grès rouge, *old red sandstone* des Anglais, bien qu'il soit constitué essentiellement de schistes, de grès et de poudingues, comprend de temps en temps des couches calcareo-noduleuses, d'un aspect propre à cette formation et auxquelles on a conservé le nom de *cornstone* que lui donnent les habitants des comtés d'Hereford et de Shrops. Cet été, visitant la région classique du Shropshire en compagnie de mes deux savants amis, MM. Gustave Dewalque et Renard, j'eus la satisfaction de rencontrer, dans les *cornstones* voisins des Clee Hills, des formations offrant beaucoup de ressemblance avec les couches à noyaux calcaires situés à la base des terrains dévoniens du Condroz. Il est vrai que les *cornstones* de cette région de l'Angleterre ont un développement que l'on ne voit pas en Belgique. Il en est qui passent à des calcaires massifs aussi puissants que les grandes bandes calcaires de Frasnes et de Couvin, et qui d'ailleurs, comme ces dernières, ne sont que d'énormes lentilles insérées dans un système quartzo-schisteux. Mais dans le voisinage de ces formations puissantes, il existe un grand nombre de lits noduleux, où l'on retrouve tous les caractères pétrographiques que j'ai relevés ci-dessus dans les couches correspondantes de la Belgique : mêmes dimensions des noyaux, même texture compacte veinée de spath, mêmes bigarrures de rouge et de vert, même pénétration plus ou moins intime de feuillets marneux, mêmes découpures produites par l'altération, et souvent accompagnées de cavités brunâtres qui sont l'indice

de calcaire disparu : même aspect poudingiforme des bancs ([1]). L'analogie me parait de nature à autoriser pleinement la communauté de dénominations, et l'on peut affirmer, selon moi, que les assises quartzo-schisteuses du système de Burnot comprennent vers leur base des couches qui sont une miniature des *cornstones* de l'Angleterre.

Si ces déductions sont exactes, il s'ensuit que le terrain dévonien de Belgique réunit dans un même bassin s'étendant de l'arête silurienne du Condroz aux massifs cambriens de l'Ardenne, les deux facies qui sont toujours séparés dans les îles Britanniques, à savoir : celui du Devonshire, renfermant avec des étages calcaires une faune marine, et celui de l'*old red sandstone* presque exclusivement quartzo-schisteux. M. Gosselet paraît insinuer quelque chose de semblable à la fin de son mémoire sur le poudingue de Burnot ([2]).

Au-dessus des couches à nodules calcaires, se trouve le grès poudingiforme de Boussalle, et à la base de celui-ci un conglomérat à gros éléments, parmi lesquels le P. Renard et moi avons recueilli des galets volumineux d'une roche cristalline qui n'affleure nulle part en Belgique, et dont nous nous proposons de faire connaître plus tard la constitution pétrographique (n° 3).

Les schistes siluriens (n° 4) sur lesquels reposent les couches précédentes sont largement entamés par la route récemment construite qui descend de Coulisse dans la vallée d'Andenelle. Quant à la nouvelle route qui suit cette dernière vallée et dont je décris ici la coupe, après avoir parcouru quelques centaines de mètres à fleur de sol dans le silurien, elle rentre en tranchées vers la hauteur où affleurent les couches inférieures du bassin septentrional anthraxifère. On voit d'abord quelques lits de schistes et des débris de poudingues oligisteux (n° 5). Ils appartiennent à une bande que Dumont identifiait avec le poudingue de Burnot du bord sud, mais que M. Gosselet croit plus jeune et désigne comme poudingue de Pairy-Bonier. Puis vient

---

([1]) Conf. dans Murchison, *Silurian System*, 1839, le chapitre intitulé : *Central or Cornstone Formation*, pp. 175-180.

([2]) Op. cit., chapitre intitulé : *Conclusion*.

un escarpement de calcaire dévonien, dont les couches dirigées S 12° E, ont une inclinaison de 76° environ vers l'Est, et sont par conséquent en renversement, comme il arrive ordinairement tout du long de cette bande.

Le calcaire en question est teinté comme calcaire de Givet ou dévonien moyen sur la carte de Dumont. Mais M. Gosselet a fait remarquer dans un savant travail publié il y a peu de temps dans les *Annales de la Société géologique du Nord* ([1]), que si l'on ne reconnaît comme dévonien moyen que les couches renfermant la faune à strigocéphales, il faut faire rentrer dans le terrain dévonien supérieur (calcaire de Frasnes) une bonne partie des calcaires eifeliens de l'Entre-Sambre-et-Meuse et du Condroz. A ce titre, l'auteur distrait notamment, des assises dévoniennes moyennes, les calcaires marbres très-riches en *Stromatopora*, et que l'on regardait jusqu'à présent comme subordonnés à l'étage de Givet. — Il ajoute d'ailleurs, dans sa conclusion, que le calcaire de Givet ainsi restreint, subsiste néanmoins d'une manière constante près de la Meuse, sur le bord sud du bassin septentrional. Or, l'escarpement mis à nu par la nouvelle route d'Haillot à Andenelle prouve que les calcaires dévoniens dans cette région peuvent être encore plus réduits que ne l'a pensé M. Gosselet. C'est ce qui ressort de la série suivante que j'ai relevée à la route d'Andenelle (voir la coupe au n° 6).

a. 5 à 6 mètres de calcaire compacte ou subcristallin, gris violâtre, traversé d'une foule de veines spathiques. Ce calcaire est en bancs massifs dont la stratification est peu distincte. Il succède immédiatement aux schistes rouges poudingiformes précités : je n'y ai pas vu de fossiles.

b. 5 à 6 mètres de calcaire, gris bleuâtre, en bancs plus distincts dont quelques-uns ont une couleur très-foncée et renferment en même temps que des veines spathiques nombreuses des lambeaux anthraciteux. J'y ai rencontré, avec des crinoïdes et quelques coquilles douteuses, des *Productus subaculeatus*, et un

---

([1]) Op. cit. t. III. *Mémoire sur le calcaire de Givet*, pp. 36-75. — Les fossiles caractéristiques de cet étage sont surtout, pour M. Gosselet, *Strigocephalus Burtini*, *Cyathophylum Quadrigeminum* et *Spirifer Mediotextus*.

assez grand nombre de spirifers appartenant au type des *Aperturati* qui, selon M. Gosselet et d'autres paléontologistes, ne sont abondants que dans le dévonien supérieur.

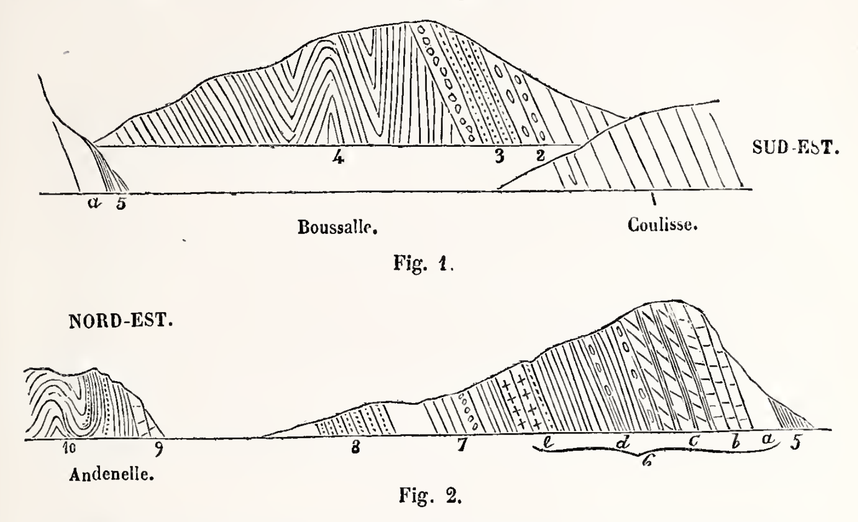


Fig. 1.

Fig. 2.

N. B. La figure 2 fait suite à la figure 1 et doit être placée à sa gauche. — Le diagramme indique une discordance entre le poudingue dévonien (3) et le schiste silurien (4). Cette circonstance n'est pas visible à Boussalle; mais à Huy, à Ombret, dans la tranchée du chemin de fer de Luxembourg, à Sart-Bernard, on constate très-bien une différence d'allure notable entre les deux terrains. On a également supposé dans ce dessin des plissements dans le schiste silurien analogues à ceux qu'il présente à Huy.

c. 7 mètres environ de calcaires argileux, en bancs d'épaisseur variable, séparés par des lits de calschistes ou des bancs de calcaire noduleux. — Quelques-uns de ces derniers sont à peu près exclusivement composés de coquilles, dont le très-grand nombre reproduisent l'une ou l'autre variété du *Spirifer Verneuili.* Il en est notamment qui se distinguent par la largeur de leur *area*, par leur forme très-globuleuse et le peu de longueur relative de leur ligne cardinale. On en recueille de semblables dans les calcaires de Frasnes et dans ceux de Bovesse. A Coulisse ils sont accompagnés de *Productus subaculeatus, P. Murchisosianus, Spirigera concentrica, Atrypa aspera, Spirifer euryglossus, Rhynchonella Boloniensis*, et d'une rhynchonelle voisine de la *bijugata.* Cette série rappelle beaucoup certains bancs de la série de Rhisnes.

d. 11 mètres environ de schistes gris verdâtres compactes,

généralement dépourvus de fossiles, sauf dans deux ou trois lits minces à nodules calcaires et où gisent des *Spirifer Verneuili* et des *Productus subaculeatus*.

e. 6 mètres d'un calcaire tour à tour caverneux, compacte, argileux, géodique, dolomitique, véiné, ferrugineux, bleuâtre avec des parties brunâtres et jaunâtres. Les premiers bancs qui semblent avoir été corrodés par des eaux minérales sont fossilifères. J'ai recueilli dans les débris qui proviennent de ces couches *Spirifer Verneuili*, *Sp. Archiaci*, *Orthis striatula*, *Rhynchonella*, *Favosites polymorpha*, *Alveolites subæqualis*, *Aulopora repens* et une *Murchisonie* qui me paraît distincte de celles qui accompagnent les bancs à strigocéphales.

f. Suivent trois à quatre mètres de schistes limoniteux avec rognons discontinus de calcaire argileux, passant ensuite aux schistes violacés qui encaissent la bande d'oligiste. Cette dernière bande a été l'objet de recherches de minerai à quelques mètres de distance de la route (n° 7).

En résumé, dans les assises qui composent la coupe précédente, je n'ai vu nulle part de bancs à strigocéphales; et même les couches à stromatopores, si bien caractérisées quand elles existent, y font défaut. D'un autre côté, il est difficile de supposer qu'une faille ait entraîné la disparition des couches absentes, puisque l'on observe au contact des premiers bancs calcaires les traces non équivoques des schistes rouges et des poudingues qui forment la base du terrain dévonien du Nord. Il est naturel de conclure que sur le bord sud du bassin septentrional anthraxifère, les couches eifeliennes sont parfois réduites aux couches supérieures aux stromatopores, comme il arrive souvent au bord nord du même bassin.

A partir du lieu que je viens de décrire, la nouvelle route d'Andenelle recoupe quelques bancs de psammites (n° 8) condruséens, puis plus loin un rocher de calcaire carbonifère (n° 9), puis elle entame sur un espace notable le terrain houiller d'Andenne (n° 10), en mettant à jour des bancs de grès qui sont remarquables par l'abondance des fragments de bois flottés et remontant à l'époque carbonifère qui y sont enchâssés.

E PUR SI MUOVE !

Note de M. le Dr E. HEIS,

Professeur à l'Académie de Münster (Westphalie).

Le 18 février 1864, on a célébré le troisième anniversaire séculaire du jour de naissance de Galilée. Pour honorer, de mon côté, le souvenir de ce grand homme, je me suis proposé de prouver que le mot « E pur si muove, » qu'on lui impute injustement, n'est qu'un mot apocryphe.

Nous rencontrons ce mot, bien souvent encore aujourd'hui, dans les écrits scientifiques ou populaires; dans ceux, surtout, dont les auteurs, hostiles au catholicisme, s'empressent de regarder comme juste toute sentence prononcée par les ennemis de l'Église, et ne veulent ni s'instruire ni discuter sur la vérité de leurs affirmations.

Il ne se trouve pas dans les biographies allemandes autant que dans les françaises écrites au dix-huitième siècle. Des recherches nouvelles m'ont démontré qu'un écrivain français, du siècle passé, a le triste mérite d'être l'auteur de ce mensonge historique.

Joh. Franc. Buddeus, de Jéna, nous dit dans son ouvrage : *Allgemeines historisches Lexicon*, Leipzig, 1709 : « Le pape

Urbain VIII condamna l'opinion de Galilée comme contraire à la sainte écriture et lui défendit de la propager. Galilée continua de la répandre, par la parole et par ses écrits, et fut cité devant le tribunal de l'Inquisition, qui lui ordonna de renoncer à son hypothèse. »

La biographie de Galilée, dans l'ouvrage allemand : *Grosses vollständiges Universal-Lexicon aller Wissenschaften und Künste,* von Zedler, 1735, ne nous donne que la note suivante : « Son dialogue fut mis à l'index, et Galilée lui-même ne fut mis en liberté qu'après avoir rétracté son opinion et l'avoir déclarée erronée. »

Le grand dictionnaire français de Louis Moréri, qui parut en première édition en 1673 et plus tard, augmenté et corrigé, en 1732 et 1740, ne fait aucune mention de ce mot apocryphe.

Le savant allemand *Abraham Gotthelf Kästner* nous donne aussi, dans son ouvrage : *Geschichte der Mathematik,* 4 vol., Göttingen, un récit fort détaillé de la vie de Galilée, mais en parlant de l'Inquisition, il ne fait aucune mention de ce fameux *E pur si muove.* Cet écrivain affirme, avec beaucoup d'énergie, qu'il n'est pas vrai que Galilée ait été mis à la torture.

En 1793 parut à Lausanne, en deux volumes, la *Vita e commercio di Galileo Galilei, Nobile e Patrizio fiorentino, Scritta da Gio. Batista Clemente de' Nelli;* mais quoique l'auteur ait fait usage de beaucoup de sources, le mot *E pur si muove* ne s'y trouve point.

C'est surtout dans des ouvrages français de la bibliothèque royale de l'Académie de *Münster,* et des riches bibliothèques de *Paris,* que j'ai fait mes recherches. Par la bienveillante coopération de mon savant ami, le R. P. A. Braun S. J., qui habitait Paris à cette époque, je pus me procurer les écrits qui nous donnent le premier éclaircissement.

Dans le *Dictionnaire historique, littéraire et critique* (1758-1759), en six volumes, nous ne trouvons aucune mention de ce mot célèbre. Un autre *Dictionnaire historique* (Paris, Didot, 1777) n'en dit rien non plus, quoique l'auteur se plaise à repré-

senter les inquisiteurs du procès de Galilée comme ignorants et aveuglés par la prévention.

En 1778 fut publié par Breann et Fabronius un ouvrage intitulé *Vitae Italorum.* Dans le premier volume *De vita et scriptis Galilei Galileji*, on ne rencontre aucune mention de cette phrase, quoique cette biographie puisse être considérée comme la plus détaillée de toutes celles qui aient été publiées jusqu'ici.

Le *Biographical Dictionary* (London, W. Straham, 1784) n'en dit rien non plus.

Dans l'*Esprit des Journaux*, de février 1785, se trouve un article de Mallet du Pan *Mensonges imprimés au sujet de Galilée.* Du mot *E pur si muove* on ne parle pas. Dans le même journal du mois de mars 1785, nous rencontrons une réponse de Ferri à l'article de Mallet; Ferri se contente de contredire les raisons de Mallet sans parler ni de ce mot, ni de la torture.

Pour la première fois, nous le trouvons cité dans le *Dictionnaire historique ou histoire abrégée, par une société*, 7e édition, Caen, Leroy. Au quatrième volume (1789), il est dit, à l'occasion de l'abjuration : « Au moment qu'il se releva, agité par les remords d'avoir fait un faux serment, les yeux baissés vers la terre, *on prétend* qu'il dit, en la frappant du pied : *E pur si muove.* »

Dans le *Dictionnaire historique*, par F.-X. de Feller (4 vol. de 1797) : 2e édition, Liége, Lemarié, nous lisons : « Galilée demanda pardon et abjura son grand attachement à une hypothèse plausible, qu'il regardait comme la source de sa gloire; mais au moment que la cérémonie finit, il dit, en frappant la terre du pied : *E pur si muove.* »

Dans la *Biographie universelle, ancienne et moderne*, rédigée par une société de gens de lettres et de savants, on trouve dans le seizième volume (1816) un article sur Galilée, écrit par le célèbre savant français *Biot*, où il est dit, page 327 : « On dit qu'après avoir prononcé son abjuration, remplie du sentiment de l'injustice que lui faisait son siècle, il ne put s'empêcher

de dire, à demi-voix, en frappant du pied la terre : « *E pur si muove.* » Biot, du reste, se déclare avec énergie contre l'opinion que Galilée ait souffert la torture et prouve, ce dont tous les autres écrivains conviennent, que le savant astronome a été traité avec une grande humanité.

Le *Dictionnaire historique, littéraire et critique*, de 1821-23, Paris, Ménard (trente volumes), nous raconte le procès de Galilée, presque mot pour mot, d'après le dictionnaire de 1789, mais d'une manière encore plus touchante : « Au moment où il se releva, agité par le remords d'avoir fait un faux serment, les yeux baissés vers la terre, il ne put s'empêcher de dire, en la frappant du pied : *E pur si muove.* » L'expression : *on prétend*, qui se trouve dans l'article original de 1789, n'est pas transcrite littéralement, parce que le copiste la trouvait superflue.

Un autre grand ouvrage intitulé *Nouvelle Biographie générale, depuis les temps les plus reculés jusqu'à nos jours*, publiée par Firmin Didot frères, sous la direction de M. le D[r] Hoefer, Paris, traite de Galilée dans le dix-neuvième volume. L'article est écrit avec beaucoup d'esprit et avec un peu d'animosité contre les ennemis de Galilée. Après le passage concernant l'abjuration, nous lisons, page 265 : « On dit qu'en se relevant, Galilée frappa du pied la terre, et dit à demi-voix : *E pur si muove.* » Quant à la torture, il est dit, page 264 : « Après un exposé, long et déclamatoire, dont un passage (*examen rigorosum*) a fait croire que Galilée avait été mis à la torture, etc. »

La *Revue des Deux-Mondes*, juillet 1841, nous présente un article, *Galilée, sa vie et ses travaux*, composé avec assez de malice. L'auteur se donne beaucoup de peine pour prouver que Galilée a été soumis à la torture, quoiqu'il ne puisse appuyer sa thèse autrement que par l'expression *Examen rigorosum* qui se trouve dans les actes du procès, et il dit que l'Inquisition, d'après l'instruction, avait dû employer la torture dans cette affaire. De cet *E pur si muove* nous ne trouvons aucune mention. La même revue contenait, plus récemment (novembre

1864), une très-belle dissertation sur le même sujet, par M. J. Bertrand, qui ne parle pas en ami de l'Église, mais qui pourtant n'exagère rien. On peut très-bien prendre cet article comme l'expression générale de l'opinion des savants les plus célèbres et les plus sérieux de toute la France. M. Bertrand, après avoir parlé de l'abjuration, dit : « On prétend qu'après avoir prononcé ces paroles, Galilée, poussé à bout, frappa la terre du pied en laissant éclater son impatience et son mépris dans une exclamation devenue célèbre : *E pur si muove.* Il le pensa sans aucun doute, mais il n'ignorait pas qu'il y a le temps de se taire et le temps de parler. Tant de franchise l'eût exposé à de grands périls, et le caractère de Galilée permet difficilement de croire à un tel élan.... Après avoir satisfait à l'examen rigoureux de ses juges, il n'y a nulle apparence que par une dernière parole de raillerie il ait osé les braver. Plusieurs biographes ont affirmé que ce rigoureux examen n'était autre chose que la torture... Cette supposition n'a pas de fondements sérieux. Tout prouve, au contraire, que les tortures morales sont les seules dont il ait souffert, et en interdisant sévèrement le compte rendu du procès on a voulu cacher non la sévérité, mais l'indulgence. »

M. Trouessart a publié récemment un ouvrage très-complet, *Galilée, sa mission scientifique, sa vie et son procès*, Poitiers, N. Bernard, 1865. Toute la vie de Galilée y est examinée avec les documents à la main. L'auteur nous montre que les inquisiteurs furent fort indulgents, quoiqu'il fasse grand cas de la « torture morale. » Il dit de plus que les mots *examen rigorosum* ne furent employés que pour sauver la forme du procès, mais qu'on n'avait pas même fait usage d'une menace directe de la torture contre Galilée. Sur l'abjuration même, l'auteur ne dit que peu de chose, quoiqu'il nous en donne toute la formule, *in extenso,* dans un supplément. Mais pour ce qui regarde notre sujet spécial, il dit : « Quant au fameux mot, qu'on prête à Galilée qui, se relevant après son abjuration et frappant du pied la terre, aurait murmuré : *E pur si muove,* c'est un mot apocryphe. » M. Trouessart défend aussi

Galilée contre le reproche d'avoir manqué d'énergie et prouve tous ses arguments par des citations.

Puissent ces lignes, par lesquelles l'auteur s'est efforcé de prouver le défaut de vérité historique de cette parole, contribuer à la propagation de la vérité qui doit être sacrée pour tous les hommes.

LE RÔLE DES FERMENTS

DANS LES PHÉNOMÈNES VITAUX;

PAR

M. A. PROOST,

DOCTEUR EN SCIENCES NATURELLES.

Dans l'une des récentes leçons données au Muséum de Paris par M. Claude Bernard et reproduites par la presse scientifique, nous relevons un passage qui résume l'enseignement du célèbre physiologiste.

« Nous voyons ressortir nettement des faits le principe que » nous voulons mettre en lumière, à savoir que les phénomènes » dont l'organisme est le théâtre sont des phénomèmes chimiques » soumis aux mêmes lois que ceux qui se réalisent en dehors de » la vie, mais exécutés par des agents spéciaux. Ces agents sont » *des ferments solubles*. Ils président à toutes les oxydations et » hydratations de l'organisme. Leur rôle dans les manifestations » de la vie est d'une importance capitale; ils constituent ce qu'il » y a de particulier dans les procédés de la nature vivante » puisque le fond des phénomènes est le même que dans la na- » ture inorganique.

» Ce n'est pas trop s'avancer que de dire qu'ils contiennent en » définitive *le secret de la vie.* » « Ces ferments inorganisés et » incristallisables ne doivent pas être assimilés aux ferments orga- » nisés tels que la levûre de bière. Au point de vue physiolo- » gique, il n'y a nulle analogie. »

Pour apprécier les arguments qui motivent une assertion aussi paradoxale à première vue, il importe de jeter un rapide coup d'œil sur les expériences et les découvertes qui font l'objet de l'enseignement du savant professeur.

Depuis plusieurs années, M. Claude Bernard consacre ses leçons de physiologie générale à la défense de la doctrine de l'unité vitale.

La doctrine de la dualité vitale, généralement acceptée jusqu'à nos jours, est issue des premières découvertes de la physiologie, notamment des expériences de notre compatriote Van Helmont et de Priestley qui fit voir comment la plante régénère l'oxygène et le carbone transformés en acide carbonique par la respiration des animaux, et exerce ainsi une fonction inverse de celle du règne animal.

Mais la théorie de l'opposition chimique entre les deux règnes fut bientôt ébranlée par les découvertes des chimistes et des physiologistes. On reconnut d'abord l'identité de composition des végétaux et des animaux. La séve et le sang charrient à différentes périodes et dans diverses proportions les mêmes principes minéraux et organiques, l'eau, les gaz, les sels alcalins et terreux, l'albumine, la graisse, l'amidon et le sucre.

Les physiologistes constatèrent ensuite que la plante n'est pas seulement un appareil de réduction de l'acide carbonique, mais aussi un appareil de combustion du carbone comme l'animal. En effet, le végétal, dont les feuilles décomposent l'acide carbonique sous l'action de la lumière, jouit également de la faculté de réunir les éléments qu'il sépare; en d'autres termes, il respire comme nous en dégageant de l'acide carbonique.

De plus, on reconnaît que la matière verte au moyen de laquelle les feuilles accomplissent leur fonction réductrice manque à beaucoup de plantes et existe, au contraire, chez beaucoup d'animaux inférieurs tels que les infusoires qui purifient les eaux stagnantes en dégageant de l'oxygène à l'instar des végétaux.

« La dualité vitale, dit M. Claude Bernard, ne peut être soutenue davantage au point de vue *dynamique* qu'au point de vue *chimique*. L'identification de l'organisme à un fourneau dans

lequel vient se brûler le règne végétal peut répondre seulement à l'apparence chimique extérieure du phénomène, mais ce n'est pas une vue vraiment physiologique. Si le chimiste voit le sucre formé dans la betterave se brûler dans l'animal qui le mange, le physiologiste ne voit là qu'un accident; il démontre, au contraire, que le sucre formé et emmagasiné est destiné à être brûlé par la betterave elle-même dans la seconde année de la végétation, lors de sa floraison et de sa fructification. »

Si la *composition* et la *respiration* des plantes et des animaux n'offrent pas de différences essentielles, les modifications physiques et chimiques que les aliments subissent, pendant la *digestion*, présentent les caractères d'une véritable unité dans les deux règnes. C'est ce que les découvertes personnelles de M. Claude Bernard ont mis particulièrement en lumière.

Il y a une trentaine d'années déjà qu'il signala la présence du sucre dans le foie, et parvint à en extraire une substance analogue à l'amidon qu'il appela *matière glycogène*, parce qu'elle engendrait le sucre par fermentation, tout comme l'amidon végétal, sous l'influence de la diastase.

A la suite d'immenses et consciencieuses recherches, il parvint à établir l'existence de la matière glycogène et de son ferment dans toute la série animale, depuis l'homme jusqu'au ver de terre et au polype, et il constata que le sucre est un élément constant du sang des animaux. La matière *glycogène*, diffuse chez les animaux et chez les êtres embryonnaires, paraît localisée dans le foie chez l'homme et chez les animaux supérieurs.

Dès que sur un point quelconque de l'organisme où cette matière est répandue, la suractivité du travail organique nécessite un apport extraordinaire de matériaux combustibles, le ferment apparaît dans la matière glycocène et fabrique le sucre que le sang dissout immédiatement. C'est ainsi que dans le sommeil léthargique des animaux hibernants, comme la marmotte, le glycogène accumulé dans le foie *se digère* sous l'action du ferment, et supplée par la production du sucre au défaut d'alimentation.

C'est ainsi encore que le glycogène, accumulé dans la larve

des insectes, se transforme peu à peu en sucre de glucose dans la chrysalide pour fournir du combustible à l'insecte parfait.

Quel est donc ce ferment qui apparaît si à propos pour mobiliser les matériaux combustibles? Ce ferment présente les mêmes caractères que la *diastase* qui transforme en sucre l'amidon et la fécule des végétaux.

C'est une substance azotée amorphe, soluble dans l'eau et précipitable par l'alcool. Chez l'homme et les animaux supérieurs la digestion de la fécule se fait surtout dans le duodénum sous l'influence du pancréas qui secrète abondamment le ferment glycosique.

M. Claude Bernard a découvert, dans l'intestin grêle, un autre ferment doué de caractères physico-chimiques analogues, mais jouissant de la propriété de transformer le sucre de canne en sucre de raisin ou glucose. Le sucre de canne n'est pas assimilable, puisque quand on l'injecte dans la circulation on le retrouve intégralement dans les urines; le glucose, au contraire, est absorbé quand on le soumet à la même expérience. Encore une fois on retrouve dans le règne végétal un ferment doué des mêmes propriétés : c'est lui qui transforme notamment les réserves de sucre, accumulées la première année dans la betterave, en glucose destiné à servir de combustible et peut-être d'aliment plastique dans la fructification. *L'amidon*, la *fécule* et le *sucre cristallisable* sont des provisions de charbon que l'animal et la plante brûlent, grâce aux ferments, sous forme de glucose.

L'aliment complet contient, outre la fécule et le sucre, *de la graisse* et *de l'albumine.*

Ces deux principes ne sont pas non plus directement assimilables; la graisse n'est absorbée que sous forme d'émulsion et de savon, l'albumine sous forme de peptone.

Or il existe dans les végétaux, où les graisses se présentent généralement sous forme d'huile, un ferment qui produit successivement l'émulsion et la saponification, c'est-à-dire le dédoublement en glycérine et en acide gras. Quand on écrase les amandes et les noix, on obtient une émulsion blanche comme du lait, par suite du contact du ferment avec l'huile grasse.

Les loochs des pharmaciens se préparent par ces procédés. Le lait est une émulsion toute préparée, produite et maintenue probablement aussi par un ferment.

L'action dissolvante du ferment sur la graisse s'exerce spontanément à l'époque de la germination. Ce ferment que l'on a isolé sous le nom d'*émulsine* est, comme les autres, incristallisable, soluble dans l'eau et précipitable par l'alcool.

Le pancréas des animaux sécrète un ferment analogue doué comme le premier de la double faculté d'émulsion et de dédoublement; l'émulsion se fait dans le tube digestif, la saponification dans les vaisseaux. Après un repas de graisse on voit les vaisseaux chylifères pleins d'un liquide lactescent qui les gonfle et les rend apparents. Ces vaisseaux lactés se montrent à partir du pancréas. Voilà donc la bile dépossédée de la propriété qu'on lui attribuait anciennement de digérer la graisse. M. Claude Bernard a constaté, en effet, chez le lapin une disposition anatomique spéciale qui permet d'observer le chyle avant qu'il ait été soumis à l'action de la bile; il a reconnu ainsi que le rôle attribué au foie dans la digestion appartient au pancréas. La digestion des matières grasses n'a plus lieu, quand on supprime le pancréas; ces substances se retrouvent inaltérées dans les digestions. Le savant observateur ne craint pas d'attribuer à cet organe le rôle principal dans la digestion, c'est-à-dire dans la production des divers ferments, *glycosiques*, *inversifs*, *émulsifs* et *peptiques*. L'estomac même, à ses yeux, ne joue qu'un rôle accessoire et préliminaire dans la digestion de l'albumine qui redevient insoluble dans l'intestin sous l'action de la bile et ne se dissout définitivement que sous l'action du suc pancréatique.

« Magendie a introduit directement de la viande dans l'intestin de quelques chiens, et il a vu la digestion se faire complétement; les chirurgiens ont également réussi à nourrir des malades à l'aide de substances alimentaires introduites dans des fistules intestinales à la suite d'une hernie étranglée. »

Quoi qu'il en soit, il est certain que la pepsine de l'estomac et le ferment pancréatique, préparant l'assimilation de l'albumine, rentrent dans la catégorie des trois autres ferments solubles, dont

ils offrent tous les caractères essentiels. Le ferment qui dissout l'albumine dans les végétaux, à l'époque de la germination, reste encore à trouver. Sa découverte comblerait la dernière lacune de la théorie de l'unité de la digestion dans les deux règnes. Dès à présent, l'on peut admettre sans trop de hardiesse, avec l'illustre physiologiste, l'identité essentielle des phénomènes digestifs d'un bout à l'autre du monde vivant, chez tous les animaux et les végétaux.

Mais une théorie beaucoup plus obscure et moins justifiée par les faits est celle des ferments cellulaires, qui amène M. Claude Bernard à conclure que la nature même de l'acte de la nutrition est une fermentation, et que les ferments révèlent *le secret de la vie.*

Les fermentations, il est vrai, sont de deux ordres bien distincts; les unes se passent dans les liquides, c'est la digestion sous l'influence des ferments solubles et non organisés. Cette digestion n'a rien de vital; on peut la reproduire en dehors de l'organisme. Ainsi, l'ébullition prolongée produit le même effet sur l'albumine que le ferment peptique ou pancréatique. Un consommé de viande est en réalité de la viande plus ou moins digérée; les acides minéraux dilués transforment la fécule en glucose, comme le ferment glycosique; la vapeur d'eau saponifie les graisses, etc. Les agents toxiques qui s'opposent au développement des phénomènes vitaux n'exercent aucune influence sur les ferments solubles. C'est grâce à cette circonstance qu'on peut leur conserver indéfiniment leur activité en mêlant à la liqueur qui les contient un peu d'acide phénique.

Il n'en est pas de même pour les ferments insolubles et organisés, comme les cellules libres de la levûre et, selon M. Claude Bernard, *comme tous les éléments cellulaires qui constituent la trame des organes.* « L'action à la fois réductrice et organisatrice, dit-il, due à ces ferments vivants n'a pu être encore imitée ou reproduite. »

C'est ici que la confusion nous paraît commencer.

Jusqu'à quel point convient-il d'assimiler les éléments des tissus aux cellules proliférantes de la levûre, et convient-il de

leur appliquer également le nom de ferments ? « Comme la cellule primitive de la levûre, *l'œuf* ou la cellule ovarique, dit M. Claude Bernard, est un ferment insoluble. Il détermine, en effet, la combustion ou la fermentation des matières qui l'entourent, et préside au plus haut degré aux phénomènes d'organisation ou de création organique, qui sont tous des phénomènes de réduction chimique. »

Aussi longtemps que l'action de la cellule vivante se borne à des dédoublements suivis d'hydratations, nous comprenons à la rigueur qu'on l'assimile aux ferments.

Cette action est même devenue incontestable depuis les brillantes recherches de l'école physiologique de Munich, qui a renversé l'ancienne doctrine de la combustion par oxydation directe du carbone.

Mais en présence des phénomènes d'organisation qui constituent la propriété vitale par excellenee, il nous semble impossible de suivre l'éloquent professeur dans ces régions spéculatives, et de reconnaître dans l'œuf qui reproduira tous les caractères de la famille, du genre, et de l'espèce de son procréateur, un ferment, c'est-à-dire un simple agent chimique de combustion et de réduction.

Peut-être n'y a-t-il là qu'une simple inexactitude dans les termes; seulement, qu'il nous soit permis de le dire, il est profondément regrettable que M. Claude Bernard, qui se distingue ordinairement des physiologistes allemands par une grande lucidité d'exposition, n'ait pas jugé nécessaire d'entrer à cet égard dans des explications plus nettes et plus catégoriques.

De ce que la digestion n'est qu'un phénomène chimique, de ce que les ferments solubles sécrétés par les cellules président à toutes les oxydations et hydratations de l'organisme, il n'est pas permis de conclure que la fermentation est le secret de la vie cellulaire même.

Cette opinion de M. Claude Bernard nous paraît d'autant plus étrange, qu'il a toujours attribué aux tissus une complexité d'action que n'admettent pas bon nombre d'autres physiologistes, moins convaincus que lui de la théorie des fermentations.

Ainsi les Allemands semblent disposés à conclure de leurs dernières expériences, que la plante seule est capable d'organiser la matière minérale et d'élaborer les principes immédiats qu'on retrouve dans les tissus des animaux, tels que l'albumine, la graisse, le sucre, etc. L'école de Munich ne paraît voir dans la genèse nutritive des éléments anatomiques, qu'une série de dédoublements et de fixations directes sans décomposition; et cependant elle est loin d'attribuer à la fermentation toute l'importance que lui prête le savant français dans l'explication des phénomènes de la vie.

M. Claude Bernard, convaincu de l'unité fonctionnelle des deux règnes, attribue aux tissus des animaux une double faculté réductrice et organisatrice comparable à celle des végétaux.

Ce sont encore des recherches sur la glycogénie qui l'ont amené à adopter cette doctrine. Il a vu le foie continuer à fabriquer d'une manière continue de l'amidon et du sucre, chez des animaux nourris d'aliments complétement privés de ces deux substances.

Les chimistes, il est vrai, ont prouvé depuis que le sucre pouvait résulter du dédoublement de l'albumine et de la graisse; mais ils n'ont pas encore réussi à expliquer l'origine de l'amidon qui n'est pas un produit de décomposition, mais de synthèse.

Suivant l'école de Munich, l'albumine seule servirait à la production directe de l'énergie visible, et à la reconstitution des tissus qui s'entretiendraient par simple dépôt. Les aliments gras, féculents et sucrés ne serviraient qu'à produire la chaleur nécessaire à l'entretien de la température du corps, et n'interviendraient pas directement dans la production des tissus et du mouvement.

Claude Bernard oppose avec raison à cette manière de voir l'élasticité chimique de la machine vivante, qui n'est pas à la merci des étroites nécessités de l'alimentation, et qui sait transformer, modifier ou économiser ses matériaux suivant les circonstances.

Rappelons, par exemple, comment, dans ses leçons sur la production du sucre chez les animaux, il constate que cet aliment,

emmagasiné dans la matière glycogène, se produit partout où va s'opérer quelque grand travail physiologique : dans la graine qui germe, dans l'œuf fécondé, dans les plaies qui bourgeonnent. Dès que le sucre cesse d'être consommé par le sang, l'organisme s'altère, les forces se perdent et la mort survient fatalement. M. Claude Bernard en conclut que les aliments sucrés et glycogènes, tels que l'amidon, la féeule, etc., concourent activement non-seulement à la production du travail, mais à la régénération des tissus.

M. Claude Bernard s'inspire évidemment, dans ses conclusions, des recherches qui ont amené M. Pasteur à formuler récemment une théorie physiologique complète de la fermentation.

Nous croyons indispensable d'exposer brièvement ces découvertes, qui seules, du reste, sont de nature à nous édifier sur les côtés obscurs de l'enseignement de M. Claude Bernard.

Depuis longtemps M. Pasteur avait conquis dans le monde savant une juste renommée par ses études expérimentales sur les générations dites *spontanées*.

Il avait montré que l'air le plus pur en apparence contient en suspension des milliers de germes de plantes ou d'animalcules, qui occasionnent la fermentation et la décomposition des substances dans lesquelles ils pénètrent. Ces germes, invisibles souvent même au microscope, passent à travers les filtres et les bouchons superposés, et résistent parfois à des températures très-élevées. Mais en prenant toutes les précautions nécessaires pour empêcher leur accès dans les infusions, M. Pasteur a prouvé que jamais la vie n'apparaissait spontanément dans la matière, et que les liquides les plus altérables tels que le vin, la bière, le sang, le lait, l'urine, se conservent indéfiniment, à l'abri des ferments dont l'air est le véhicule.

Ces expériences ont reçu dans ces derniers temps une confirmation éclatante due aux travaux d'un célèbre physicien anglais, M. Tyndall, qui est parvenu à rendre sensibles ces poussières vivantes de l'air. Quand on laisse reposer de l'air en le confinant dans une caisse dont les parois sont enduites de glycérine, et qu'on y fait pénétrer un rayon de soleil, l'intensité lumineuse

décroît toujours sensiblement; et à la fin le rayon ne trace plus de sillon lumineux. Alors on peut introduire dans la caisse les infusions les plus altérables, préalablement soumises à l'ébullition; elles demeureront intactes parce que les germes de l'air se sont déposés lentement sur les parois de la caisse. On peut aussi rendre l'air optiquement pur par l'action du feu ou par la filtration à travers une bourre de coton. Il ne diffuse pas plus la lumière dans ces conditions qu'à la suite d'un repos prolongé. Tout porte à croire que ces germes sont les causes non-seulement des maladies du vin et de la bière, ce qui est prouvé rigoureusement, mais des maladies épidémiques des animaux et des hommes.

Les analyses du sang et de l'air faites dans les hôpitaux pendant les épidémies, notamment de fièvre paludéenne, de typhus et de choléra, prêtent à cette hypothèse le plus haut degré de vraisemblance, et permettent d'espérer qu'avant peu nos microscopes et nos réactifs nous révéleront la cause des principales maladies contagieuses. Ce qui est hors de doute c'est qu'à l'instar de la levûre, les moisissures de l'air décomposent le sang en le désoxydant. Elles transforment d'abord le sang artériel en sang veineux, pour attaquer ensuite le globule rouge en transformant l'hémoglobine en hématosine.

Ces champignons inférieurs, quoique privés de chlorophylle, jouissent en outre du pouvoir réducteur des plantes, car ils enlèvent aussi le carbone et l'azote aux milieux organiques où ils végètent, et contribuent ainsi encore à la désorganisation. Un spore de levûre ou de moisissure fermente et se multiplie rapidement dans une simple solution de tartrate et de phosphate d'ammoniaque; suivant leur nature ces ferments vivants élaborent, dans un milieu nutritif favorable, des principes divers, tel que l'alcool, l'acide lactique, butyrique, succinique, le carbonate d'ammoniaque, bref une foule de principes anormaux capables de rompre l'équilibre des éléments du sang. Dans l'eau pure la levûre se digère elle-même et excrète alors, outre l'alcool et l'acide carbonique, les mêmes bases azotées que les tissus des animaux.

Dans le jus de raisin et le moût de bière, de même que dans tout liquide sucré accessible à l'air, la production plus ou moins rapide d'alcool est due au développement des cellules microscopiques d'un champignon. Ces globules appelés levûres se nourrissent aux dépens du liquide, et transforment par une véritable digestion le sucre en alcool ; le sucre est l'aliment, l'alcool est le résidu de la digestion. Cependant le jus diffère de la bière en ce qu'il produit spontanément la fermentation alcoolique. M. Frémy crut voir là une preuve décisive en faveur de la doctrine des générations spontanées.

Mais M. Pasteur prouva que le jus de raisin ne fermente pas dans l'air pur, s'il n'a pas été en contact avec la partie extérieure de son enveloppe où se développe le ferment; chose curieuse, ce ferment n'apparait qu'au moment précis de la maturité du raisin. Il est probable que cette levûre n'est elle-même qu'un germe issu de la fructification d'un champignon vivant sur l'écorce de la vigne.

Dans toutes ses expériences M. Pasteur se sert d'un simple ballon de verre dont le bouchon est traversé par deux tubes de verre, l'un droit, pour introduire les liquides, l'autre recourbé en col de cygne et ouvert à son extrémité. L'air ne pénètre ainsi dans le ballon qu'après avoir déposé ses germes sur les parois du tube.

La bière dont le moût, mis en présence d'une levûre bien pure, a fermenté dans un appareil de ce genre, peut se conserver indéfiniment parce que l'on a empêché l'accès des germes (1).

C'est en cherchant à obtenir des cellules de levûre de bière complétement pure que M. Pasteur a pu observer toutes les phases de leur évolution et de leur nutrition. En comparant cette évolution avec celle d'autres champignons inférieurs, il est arrivé à formuler une théorie de la fermentation de la plus haute portée

---

(1) Pour fabriquer de la bière inaltérable, il suffit donc d'approprier les ballons Pasteur à l'industrie, et de veiller à n'employer que de la levûre sur laquelle les poussières de l'atmosphère n'ont pu se déposer. Chaque espèce de levûre donne une bière de saveur spéciale. Les bières à goût vineux sont produites par le ferment ordinaire du moût de raisin. Le bouquet du vin varie également avec le ferment (*De la bière et de ses maladies*, par M. Pasteur).

scientifique. En effet, il est amené à conclure que les levûres sont de véritables éléments anatomiques isolés, et que ce qui est démontré pour elles est applicable aux éléments anatomiques en général, c'est-à-dire aux cellules, qui forment la trame des tissus des animaux et des plantes.

En général, les ferments organisés exposés à l'air absorbent l'oxygène et dégagent de l'acide carbonique. Plongés dans un milieu nutritif, où l'air n'a pas d'accès, ils enlèvent l'oxygène aux corps qui le contiennent en combinaison. Ainsi dans la bière et le vin, ils l'enlèvent au sucre; dans le sang, ils l'enlèvent au globule rouge.

Les fonctions, distinctes d'abord, de respiration et de digestion se confondent dans une fonction unique, la nutrition. Les ferments comme les tissus peuvent vivre sans air, mais non sans oxygène, et suivant qu'ils sont aérobies ou anaérobies, leur sécrétion se modifie.

Rappelons-nous l'analogie frappante signalée par M. Claude Bernard entre les ferments solubles qui opèrent la digestion dans les deux règnes.

Nous avons vu qu'il a découvert, dans l'intestin des animaux, un ferment qui transforme le sucre de canne en sucre incristallisable comme le ferment de la betterave.

Eh bien! M. Pasteur a vu la levûre de bière sécréter à l'instar des cellules de l'intestin, le même ferment soluble, jouissant des mêmes propriétés. Les cellules des fruits qui exhalent de l'acide carbonique sécrètent de l'alcool dès qu'elles sont privées d'oxygène, absolument comme la levûre devenue anaérobie. Bref, la fermentation serait le phénomène caractéristique de la nutrition.

Les cellules sont donc des ferments, et les ferments sont des cellules ou *des produits de l'activité cellulaire* (ferments solubles).

Cette conclusion mérite d'attirer l'attention des physiologistes, tant à cause de l'intérêt que la question présente en elle-même, qu'à cause du problème de philosophie naturelle qu'elle soulève et qu'elle doit nécessairement éclairer un jour.

DE LA CHALEUR ANIMALE AU POINT DE VUE PHYSIOLOGIQUE ET PATHOLOGIQUE ;

Par le Dr MOELLER.

I. — Calorification normale.

De tous les phénomènes qui caractérisent la vie organique de l'homme, un des plus remarquables, je dirai même des plus étonnants, consiste dans l'invariabilité de la température de son corps.

L'homme présente, ainsi que tous ces animaux qu'on appelait auparavant animaux à sang chaud, et qu'on nomme plus justement aujourd'hui animaux à température constante, la propriété de conserver toujours le même degré de chaleur. Et, en effet, si l'on applique un thermomètre dans le creux de l'aisselle d'un homme sain et adulte, on voit la colonne mercurielle s'élever rapidement pour s'arrêter au 37e degré de l'échelle. Quelles que soient les conditions atmosphériques, quel que soit le climat, quelle que soit la race à laquelle le sujet appartienne, on trouve toujours cette température de 37°, ou du moins les modifications qui peuvent se présenter sont-elles minimes et passagères.

Si la température extérieure baisse, comme en hiver, ou si l'homme se transporte dans un climat plus froid, le corps humain doit nécessairement perdre du calorique; car les propriétés physiques de ce corps ne le mettent pas à l'abri des soustractions

thermiques extérieures; on en trouve la preuve dans la chute rapide de la température peu d'heures après la mort. Et cependant, malgré ces conditions, l'organisme parvient à surmonter cette cause de refroidissement, et la température se relève à son chiffre normal.

Chose plus remarquable encore, le défaut d'alimentation, l'abstinence complète n'amènent pas immédiatement un abaissement de la température. L'organisme est doué d'une tendance si grande à conserver sa chaleur normale, qu'il brûlera sa propre substance plutôt que de laisser tomber cette chaleur intérieure. D'autre part, si, par suite de certaines circonstances telles que l'exercice musculaire, un repas copieux, l'élévation de la température extérieure, le calorique interne augmente, on peut s'assurer que cette augmentation est bientôt remplacée par un abaissement qui ramène la température du corps à son degré normal.

Je disais que cette constance de la température est un phénomène étonnant : comme nous le verrons, en effet, les circonstances qui peuvent influencer l'état thermique de l'homme sont nombreuses et variées; d'un autre côté, le double mécanisme par lequel l'organisme produit du calorique ou en perd est extrêmement complexe; il est donc admirable que cette multiplicité d'influences, ce mécanisme compliqué soient si bien combinés qu'ils finissent toujours par aboutir à un même résultat général, à savoir le maintien de la température du sang au chiffre normal de 37°C.

L'étude de la chaleur animale est des plus attrayantes, non-seulement à cause de son utilité pratique au point de vue pathologique et thérapeutique, mais aussi à cause de son intérêt scientifique; elle est du domaine de la physique et de la chimie tout aussi bien que de la physiologie. Il n'est donc pas étonnant que cette question ait, de tout temps, attiré l'attention des savants, qu'elle ait provoqué des recherches et des expériences nombreuses, enfin qu'elle ait été l'objet d'un grand nombre de théories qu'il me paraît intéressant de passer rapidement en revue.

Historique. — D'après les anciens, il existait dans le corps un foyer unique de chaleur, qui faisait bouillonner le sang et d'où le calorique se distribuait à tout l'organisme. Aristote plaçait ce foyer dans le ventricule droit du cœur, Galien dans le ventricule gauche.

Cette opinion paraissait si bien établie que, d'après certains auteurs, la température du cœur est assez élevée pour causer une sensation pénible à l'imprudent qui le toucherait avec la main.

Après la chute du galénisme, surgit une théorie qui semblait devoir conduire directement à la connaissance des idées actuelles. On expliqua la calorification par des réactions chimiques : ainsi pour Van Helmont la chaleur résultait du mélange du soufre et du sel volatil du sang ; d'après Sylvius, elle était due à l'effervescence produite par le mélange du chyle et de la lymphe ; Stevenson disait que la calorification tenait aux transformations incessantes des humeurs et des aliments; enfin Hamberger, se rapprochant encore plus de la vérité, comparait les réactions calorifiques du sang aux phénomènes de la combustion spontanée des amas de fumier et de matières végétales.

Ces théories chimiques furent remplacées par les grossières erreurs de l'école iatro-mécanicienne : la seule cause de la production de chaleur est, d'après Hales, le frottement du sang contre les parois des vaisseaux; c'est le globule du sang qui produit la chaleur, car il est rouge, c'est-à-dire très-sulfureux; c'est le frottement qui transforme le sang noir en sang rouge dans les capillaires pulmonaires; à l'appui de cette opinion, Hales cite une expérience vraie, mais qu'il interprète mal, à savoir que du sang veineux fortement agité dans un vase de verre devient rutilant.

Puis vinrent les vitalistes qui considéraient la thermogenèse comme un attribut des forces vitales; Hunter prétendait même que ces forces jouissaient de la propriété de détruire une certaine quantité de chaleur.

Enfin Brodie, Chossat et de la Rive considéraient le système nerveux comme le véritable agent de la calorification normale.

Mais leurs travaux sont postérieurs à ceux de Lavoisier, le véritable auteur des théories modernes sur la chaleur animale. Se basant sur les études antérieures de Hales, Cigna, et surtout de Black et Priestley, Lavoisier comparait la calorification animale à la combustion qui s'opère dans une lampe ou dans une bougie allumée; seulement ici c'est la substance même de l'animal qui fournit le combustible et qui le répare continuellement par l'alimentation. Lavoisier inclinait à placer le siége de la combustion et par conséquent le foyer de la chaleur animale dans le poumon; cependant il ne présente cette opinion que comme probable et susceptible de modification : « Les expériences que nous » avons déjà entreprises, dit-il, éclairciront probablement nos » doutes. Elles lèveront, nous l'espérons du moins, les incerti- » tudes qui nous restent sur cet objet. Peut-être alors serons- » nous obligé d'apporter quelques changements à la doctrine » que nous avons présentée. Ces modifications des premières » idées ne coûtent rien à ceux qui ne cherchent la vérité que » pour elle-même et sans autre désir que celui de la trouver. » Lavoisier considérait donc son œuvre comme susceptible de modifications. Mais le temps de mettre la dernière main à cette œuvre lui fut brutalement refusé. Cet illustre savant avait cru devoir accepter le poste de fermier général pour subvenir aux frais occasionnés par ses études ; cité devant le tribunal révolutionnaire, il fut condamné à mort. Quoique résigné, Lavoisier demanda un sursis pour terminer ses travaux. « Je ne regrette- » rais pas la vie, écrivait-il, j'en ferais volontiers le sacrifice à » ma patrie ; je demande seulement quelques jours pour que je » puisse m'acquitter envers elle. » A cette noble requête, Fouquier-Tinville répondit : « La République n'a besoin ni de » savants, ni de chimistes; le cours de la justice ne peut être » interrompu. » Ces révolutionnaires ne savaient supporter aucune noblesse, pas plus celle qui s'attache au génie que celle qui tient à la richesse ou à la naissance.

La localisation du foyer de chaleur, placée par Lavoisier dans les poumons, fut attaquée d'abord par Lagrange, qui disait que ces organes ne pourraient pas résister à une telle élévation de

température, si toute la chaleur s'y produisait. L'idée était vraie, l'argument était faux.

Bientôt les expériences de Spallanzani, William Edwards, Magnus établirent que l'acide carbonique ne se forme pas dans le poumon au moment de l'absorption de l'oxygène, et que le sang veineux renferme plus d'acide carbonique que le sang artériel. Cette opinion fut complétée et confirmée par les beaux travaux de Dulong et Despretz, Regnault, Boussingault, Gavarret.

Toutes ces études que nous venons de citer ne se rattachent qu'au côté chimique de la question. C'est à notre époque qu'était réservé l'honneur de la découverte du mécanisme physiologique de la chaleur animale. Parmi ceux qui ont le plus contribué à cette découverte, nous nommerons principalement le savant physiologiste français, Claude Bernard, puis Fernet, Ludwig, Wunderlich, Liebermeister, Senator, Traube, Jurgensen, Samuel. Ce sont les travaux de ces auteurs que je me propose de coordonner et d'exposer aussi brièvement que possible.

Nous considérons donc comme établi que le corps humain est le siége d'une production thermique incessante. La source de ce calorique se trouve dans certains phénomènes chimiques qui se passent dans l'organisme ; tels sont d'abord et surtout des oxydations, soit de matières ternaires pour former l'acide carbonique et l'eau, soit de matières quaternaires pour produire les résidus ultimes de la transformation de l'albumine (urée, acide urique, etc....); tels sont encore des hydratations, des dédoublements, des métamorphoses isomériques.

Mais où se font ces réactions chimiques et, par conséquent, où est le foyer de la chaleur animale? Tandis que Lavoisier localisait cette combustion dans les poumons, certains expérimentateurs soutenaient qu'elle s'opérait dans le sang pendant son trajet du cœur aux vaisseaux capillaires; d'autres, au contraire, la plaçaient dans les capillaires eux-mêmes.

L'étude de la température propre du sang vint éclairer cette question des sources de la chaleur. Jusqu'à Claude Bernard, les plus grandes divergences existaient au sujet de la *topographie calorifique* du corps humain. Les nombreuses recherches de

l'illustre physiologiste français ont définitivement fixé la température du sang dans les différents points du corps. Il a d'abord établi que le sang du ventricule gauche, c'est-à-dire celui qui revient des poumons, est un peu moins chaud que celui du ventricule droit, lequel va aux poumons ; en d'autres termes, le sang, au lieu de s'échauffer dans l'organe pulmonaire, s'y rafraîchit; ensuite la température du sang artériel diminue légèrement à mesure qu'il s'éloigne du cœur; au contraire, le sang des veines est plus chaud que celui des artères correspondantes, ce qui prouve que la chaleur se produit dans les capillaires. Cependant dans les veines superficielles, la température s'abaisse ; elle est inférieure à celle de l'artère voisine ; la valeur de cette différence dépend des conditions extérieures : le froid l'augmente, la chaleur la diminue. Ces faits s'expliquent : les veines sont superficielles, le sang y coule plus lentement, la capacité totale du système veineux est plus grande que celle du système artériel ; le froid extérieur agit donc pendant plus longtemps et sur une plus grande quantité de sang.

Cette distribution de la chaleur, cette diminution de température dans les artères à mesure qu'on s'éloigne du cœur, cette chaleur plus élevée du sang veineux que du sang artériel, prouvent que les combustions siégent dans les capillaires généraux ; ou plutôt, comme le dit Claude Bernard, c'est dans les tissus organiques, hors des vaisseaux, que siégent les principaux agents des phénomènes chimiques et que se dégage le calorique ; ce calorique résulte de l'échange entre les tissus élémentaires et le sang. Nous ne pouvons donc plus localiser le foyer de chaleur à un seul organe ou à un seul appareil. Tous les organes et presque tous les tissus prennent part au travail de calorification animale. Pour bien connaître les sources de la chaleur, il faudrait donc parcourir tous les tissus ; mais nous pouvons nous borner à ceux qui jouent le rôle le plus important dans la production thermique.

Tissu musculaire. — Le tissu musculaire, qui forme la plus grande partie de la masse totale du corps, constitue une des

sources principales de la chaleur animale. Les preuves du pouvoir thermogène de la contraction musculaire sont nombreuses : 1° tout le monde sait que l'on s'échauffe par le mouvement; 2° le docteur Beaumont a constaté chez son Canadien qu'après un violent exercice, la température de l'estomac subissait une notable élévation; 3° Réaumur, Newport, Huber, Dutrochet, Lecocq, Maurice Girard ont observé l'accroissement de la chaleur générale par le mouvement chez un grand nombre d'animaux. Voici, par exemple, l'expérience bien simple par laquelle Réaumur établissait ce fait : des hannetons étaient renfermés dans un bocal, dont la température était appréciée par un thermomètre disposé *ad hoc*. Les animaux restant tranquilles, le niveau thermométrique demeurait sensiblement constant; mais si l'on provoquait le mouvement des insectes en les inquiétant, aussitôt le niveau thermométrique s'élevait; 4° Becquerel et Breschet ont, à l'aide d'aiguilles thermo-électriques, trouvé dans le tissu musculaire même et en général dans le bras soumis à un exercice violent, que la température s'élève après quelques minutes d'un degré et plusieurs dixièmes ; 5° enfin Claude Bernard a constaté que le sang veineux qui sort d'un muscle en action est plus chaud que celui d'un muscle au repos.

Nous avons donc dans le tissu musculaire une source de chaleur. Ce calorique ne résulte pas directement de la contraction des fibres charnues, mais bien de la suractivité des combustions, en d'autres termes de l'exagération de la nutrition qui accompagne cette contraction. Voici une expérience par laquelle Claude Bernard a prouvé que la combustion est plus intense pendant la contraction musculaire : une grenouille est préparée à la manière de Galvani ; elle est suspendue dans un bocal hermétiquement clos, mais de sorte qu'on puisse faire passer un courant électrique dans les nerfs lombaires et provoquer des contractions musculaires ; on place au fond du bocal un récipient contenant de l'eau de baryte. Si l'on provoque des contractions musculaires, on voit l'eau de baryte se troubler, ce qui décèle la présence d'acide carbonique.

On peut aussi prouver par l'analyse que le sang qui sort d'un muscle renferme moins d'oxygène et plus d'acide carbonique pen-

dant et après la contraction musculaire qu'à l'état de repos. Cependant à l'état de repos, il renferme encore moins d'oxygène et plus d'acide carbonique que si le muscle est paralysé. C'est qu'un muscle au repos n'est pas dans l'inertie; il reste continuellement dans un état de tonus dû à une véritable contraction musculaire. On voit donc que le tissu musculaire est une source de chaleur, même en dehors de l'exercice corporel, pendant le repos et même pendant le sommeil.

Une dernière preuve de l'existence de phénomènes chimiques pendant la contraction musculaire est le changement de réaction des muscles. La réaction d'un muscle au repos est alcaline; dès qu'il se contracte, il devient acide et contient de l'acide lactique.

La présence de cet acide est même considérée comme la cause de la sensation de fatigue éprouvée après l'exercice musculaire, et Ranke dit avoir reproduit artificiellement cette sensation par l'injection d'acide lactique dans le sang. Cette expérience a conduit certains auteurs à se demander si l'acide lactique ne pouvait pas amener le sommeil inhérent à toute fatigue corporelle; et effectivement, Preyer, Mendel, Meyer, Senator et d'autres vantent les propriétés hypnotiques de cette substance. Enfin, dans le congrès des naturalistes et médecins allemands, tenu récemment à Hambourg, le professeur Preyer, de Iéna, a cherché à établir que le mécanisme du sommeil physiologique était exclusivement dû à la formation et à l'accumulation de l'acide lactique dans le sang (¹).

Quoi qu'il en soit, le tissu musculaire doit être considéré comme la source principale de la chaleur animale. On peut même dire que c'est à ce tissu que l'organisme doit de pouvoir lutter contre les abaissements thermiques extérieurs. Ce fait résulte des expériences récentes publiées par le professeur Samuel de Königsberg. Cet observateur a démontré que si l'on exclut de la

(¹) Cette théorie de Preyer me paraît cependant contraire aux données de la physiologie et de la psychologie.

calorification générale une partie considérable des muscles d'un animal, cet animal n'est plus à même de lutter contre les abaissements de la température extérieure.

L'expérience fondamentale consiste à soumettre un lapin sain et intact à une température de — 10° ou — 12°; ce lapin peut rester dans ce milieu sans que sa température se modifie. Si l'on pratique les lésions nécessaires pour pouvoir faire la ligature des artères fémorales et axillaires, on voit la température baisser de quelques degrés sous l'influence de cette opération et du froid extérieur; mais au bout de quelques heures elle remonte à son chiffre normal. Vient-on alors à lier les artères axillaires et fémorales, la température baisse jusque 22° ou 20°, et au bout de 4 à 8 heures l'animal meurt de froid. Le même effet se produit, quoique beaucoup plus lentement,.sous l'influense d'une température de + 10°.

Mais si, au lieu de lier les artères, on pratique la section des plexus cervicaux et des nerfs sciatiques et cruraux, si, en d'autres termes, on réduit tous les muscles des membres à un état d'inertie complète, état pendant lequel il n'y a plus de contraction musculaire, on obtient absolument les mêmes effets que par la première opération : la température baisse graduellement et l'animal meurt de froid. Et l'on ne peut constater aucune différence dans la rapidité ou le degré des effets obtenus par chacune de ces opérations. L'identité des effets des deux expériences indique donc une identité du mécanisme d'action. Par la ligature des artères comme par la section des nerfs, on soustrait toute la masse musculaire des membres au mouvement nutritif et par conséquent au travail calorifique général. Une preuve complémentaire de l'identité d'action de ces deux opérations réside dans ce fait que, si on les combine, on n'obtient pas de résultat plus rapide, ni plus considérable que si l'on n'en pratique qu'une seule.

Et pour prouver que c'est bien la production thermique qui est atteinte, et non le dégagement de chaleur, Samuel a recherché les effets locaux de la ligature d'une seule artère ou de la section d'un seul nerf; il a constaté que la température des muscles du

membre opéré devenait inférieure à celle des autres membres (1).

Enfin cet auteur a examiné les suites de l'immersion dans les bains froids, et il a trouvé que la chute de la température et la mort par refroidissement étaient beaucoup plus rapides, lorsque les animaux avaient été préalablement soumis à la section des nerfs ou à la ligature des artères.

Ces expériences démontrent suffisamment que le tissu musculaire est une des sources principales de la chaleur, et que si l'on soustrait une grande partie de ce tissu à la calorification générale, celle-ci sera insuffisante pour lutter contre les variations de la température extérieure. Samuel, au reste, n'a fait que confirmer un fait que l'on devait admettre à priori. Le tissu musculaire constitue la plus grande partie de la masse totale du corps; c'est le tissu dans lequel le mouvement nutritif est le plus actif; il n'est donc pas étonnant qu'il soit la source principale de la chaleur animale.

L'activité nerveuse aussi bien périphérique que centrale est aussi une source de chaleur plus ou moins abondante.

Les glandes, étant le siége de phénomènes chimiques intenses, doivent nécessairement produire une certaine quantité de calorique. Et effectivement le sang veineux hépatique est plus chaud que le sang de la veine-porte.

Particularité intéressante, le sang veineux qui sort des reins ou des glandes salivaires, est plus chaud que celui des artères correspondantes, et cependant il n'est pas noir, mais rouge et rutilant; il renferme autant d'oxygène et pas plus d'acide carbonique que le sang artériel. Ce fait prouve que la calorification animale n'est pas due à une simple oxydation, mais qu'elle peut tenir à d'autres actes chimiques. Au reste la chimie moderne a élargi le sens du mot combustion et l'a étendu à toute réaction capable d'engendrer du calorique (Berthelot).

Les processus chimiques qui produisent la chaleur animale

---

(1) Ces expériences encore peu connues de Samuel me paraissent une preuve bien puissante en faveur de l'existence des nerfs trophiques, ou tout au moins de l'influence trophique des nerfs sur les tissus organiques, hypothèses dont nous parlerons plus loin.

s'opèrent donc dans les différents tissus du corps, au niveau des vaisseaux capillaires. La quantité de calorique créée dans le sang lui-même est très-minime. Cependant la circulation de ce liquide exerce une certaine influence sur la thermogénèse. Une circulation plus active amène des matériaux de nutrition; elle apporte plus d'oxygène aux tissus; enfin le sang réveille directement la vitalité des organes. La production de chaleur sera donc, toutes choses égales d'ailleurs, en rapport avec la quantité de sang qui traverse un organe donné. « La circulation intervient, suivant » l'ingénieuse comparaison de Claude Bernard, comme dans le » règne végétal intervient le retour des saison. La chaleur et l'hu- » midité exaltent la nutrition des plantes, le froid et la sécheresse » les ralentissent. Le milieu externe gouverne ainsi l'existence » végétale; il règle la croissance, il l'arrête. Ce rôle que le milieu » extérieur remplit chez les végétaux, le milieu intérieur, le » sang, le remplit chez les animaux et chez l'homme. Une circu- » lation locale plus développée, en baignant plus complétement » les éléments des tissus, détermine un mouvement de nutri- » tion plus énergique et des phénomènes thermo-chimiques plus » intenses. Au contraire, une circulation locale restreinte et lan- » guissante ralentit les manifestations vitales. »

Il ne faut pourtant pas exagérer l'influence de la circulation sur la thermogénèse. Les expériences de Spallanzani, Liebig, Valentin et P. Bert ont montré que les tissus vivants séparés de l'organisme et privés de sang absorbent encore de l'oxygène et dégagent de l'acide carbonique. Claude Bernard a prouvé que le tissu musculaire s'échauffe si on le fait contracter, même après la suppression de la circulation de ce muscle. Ces expériences prouvent que la chaleur se produit non dans les vaisseaux capillaires, mais hors des vaisseaux, dans l'intimité des éléments anatomiques.

Quantité de chaleur. — Il est assez difficile de calculer la quantité de calorique produite dans le corps humain. Helmholtz croît pouvoir dire qu'un sujet de 82 kilogrammes produit par 24 heures environ 2,732 calories (en prenant pour unité la quan-

tité de chaleur nécessaire pour élever de 1° un kilogramme d'eau). Au reste, ce chiffre peut varier plus ou moins suivant que les organes sont en activité ou au repos. L'exercice musculaire augmente la production thermique, l'immobilitité la diminue; une alimentation plus copieuse favorise les échanges nutritifs et par conséquent les phénomènes calorifiques, l'abstinence les restreint. Il est ainsi un certain nombre de causes qui peuvent, soit augmenter, soit diminuer le calorique créé.

Déperdition de chaleur. — D'après les calculs de Helmholtz, la quantité de chaleur qu'un homme produit en une demi-heure serait suffisante pour élever la température de son corps de 1°; la température humaine devrait, d'après cela, s'élever de 2° par heure et de 48° par 24 heures. Pour que l'organisme conserve sa température de 37°, il faut donc qu'il laisse échapper environ 2,732 calories par 24 heures. C'est le mécanisme de ce dégagement que nous allons expliquer.

Si le corps humain était un corps inerte, s'il était dépourvu de la circulation du sang, la surface externe de la peau aurait à peu près la température de l'air ambiant, et toutes les parties du corps seraient d'autant plus chaudes qu'elles sont plus centrales. Et comme les tissus animaux sont de mauvais conducteurs du calorique, la température interne serait excessivement élevée; car la chaleur qui s'y produit serait difficilement amenée jusqu'à la périphérie.

La circulation du sang modifie cet état de choses ; du sang chaud est constamment conduit de l'intérieur du corps vers les parties externes, où il se refroidit, et retourne ensuite vers les parties centrales qu'il va rafraîchir. Et, en effet, les deux membranes qui ont le plus de points de contact avec l'air extérieur, la peau et la muqueuse pulmonaire, renferment un réseau capillaire sanguin; le sang contenu dans ce réseau n'est séparé de l'air ambiant que par une membrane ou plutôt par deux membranes extrêmement minces : l'épiderme ou l'épithéléon pulmonaire et la paroi du vaisseau capillaire. Le sang est donc dans des conditions très-favorables à un échange de liquide, de gaz

ou même simplement de température avec l'air atmosphérique.

Le dégagement de calorique se fait de plusieurs manières : 1° par simple conductibilité; 2° par rayonnement : le corps humain est soumis à la loi de Newton, à savoir que la quantité de chaleur perdue par un corps est proportionnelle à la différence thermique qui existe entre ce corps et le milieu ambiant; une 3ᵉ cause de refroidissement est l'évaporation d'eau qui se fait sur toutes les surfaces organiques en contact avec l'extérieur, principalement à la peau et à la surface pulmonaire; enfin, deux autres causes, beaucoup moins puissantes, sont l'échauffement de l'air inspiré, ainsi que des aliments et des boissons ingérés.

Les principales voies de dégagement thermique sont le rayonnement de la surface extérieure, qui intervient pour 60 à 70 p. °/₀, et l'évaporation de l'eau qui entre pour 20 à 30 p. °/₀.

La perte de chaleur est sujette à des variations considérables. Et, en effet, le rayonnement calorique et l'évaporation aqueuse sont en relation étroite avec l'état de la circulation périphérique. Supposez les vaisseaux cutanés resserrés, la quantité de sang y contenue sera peu considérable, l'évaporation de l'eau sera moindre; en outre, par suite de l'arrivée moindre de sang chaud à la peau, cette membrane se refroidira, et la différence thermique entre le corps et l'extérieur sera moindre; enfin, l'action réfrigérante de la circulation diminuera, parce qu'une quantité plus petite de sang refroidi viendra, en un temps donné, se mêler à celui des parties profondes. Des conditions opposées, c'est-à-dire la dilatation des vaisseaux cutanés, produiront des effets contraires.

La preuve de ce fait a été fournie par les expériences de Jacobson et Landré. Ils ont examiné la température des lapins auxquels on avait paralysé les vaisseaux d'une ou de deux oreilles; ces vaisseaux étaient donc dilatés et renfermaient une grande quantité de sang; le refroidissement était assez intense pour faire tomber la température générale du corps de 2° et plus; en outre, ces animaux étaient beaucoup plus sensibles à l'influence des changements de la température extérieure.

Il résulte de ces faits, dit Claude Bernard, que le refroidisse-

ment doit être considéré comme un double phénomène : 1° un phénomène purement physique, une déperdition de chaleur obéissant à la loi de Newton ; 2° un phénomène physiologique, un mécanisme vaso-moteur qui vient modifier l'état de l'organe afin de modifier la prise des agents physiques.

Régulation de la chaleur animale. — Nous voyons donc que les deux facteurs de la calorification animale, la production de calorique d'une part, la déperdition d'autre part, peuvent varier sous l'influence de causes diverses. Et cependant la température de l'homme sain reste toujours la même. Nous devons en conclure que la production thermique se met toujours en rapport avec la déperdition, et que celle-ci se régularise d'après celle-là. En d'autres termes, il doit exister dans l'organisme un appareil régulateur qui permette aux deux termes de la calorification de toujours se rapporter. Cet appareil régulateur siége dans le système nerveux, et il a pour intermédiaire entre son action et la calorification l'appareil circulatoire.

Rappelons d'abord le *mécanisme de la circulation :* le sang est constamment en mouvement dans un système de canaux clos. Ce système se compose d'un organe central, le cœur, qui agit comme une pompe foulante et un peu aspirante; ensuite de canaux que l'on distingue en artères, veines et capillaires. Ces canaux ne sont pas purement passifs dans l'acte circulatoire. Les artères renferment de petites fibres musculaires; ces fibres sont relativement plus nombreuses dans les artères périphériques que dans les artères voisines du cœur. Grâce à elles, les artères peuvent se resserrer et se dilater indépendamment, quelquefois même contrairement à l'action du cœur. Les vaissaux capillaires n'ont d'autre influence sur le courant sanguin que de le ralentir à cause de leur petit calibre. C'est à travers leurs parois que se produisent les phénoménes nutritifs. Les veines renferment aussi quelques fibres musculaires, mais peu nombreuses ; leur rôle dans les circulations locales n'est pas établi d'une manière positive.

La circulation du sang est donc soumise à deux ordres d'influences : la circulation générale est produite et dirigée par la contraction du cœur ; mais elle peut être modifiée dans telle ou

telle partie du corps par la contraction des vaisseaux artériels; et puisque ce sont les artères périphériques qui sont les plus contractiles, on comprend que la circulation du sang puisse être modifiée dans tel ou tel territoire vasculaire, sans que le courant général soit modifié. Ce fait peut se présenter à la périphérie comme dans les organes internes; et effectivement nous voyons souvent la peau du visage ou même celle d'une seule joue se colorer, c'est-à-dire recevoir une plus grande quantité de sang, sans pouvoir observer de modification dans la circulation générale.

Cette indépendance relative des circulations locales vis-à-vis du torrent sanguin général se comprend encore mieux, et s'explique par la connaissance de l'*appareil nerveux vaso-moteur* dont nous allons donner une courte description.

Les organes qui constituent l'appareil circulatoire sont soumis, comme tous les organes du corps, au système nerveux qui est le grand régulateur de la machine animale. Ainsi le cœur renferme, dans l'épaisseur de ses parois, de petites masses nerveuses, qu'on nomme ganglions; ce sont des centres d'innervation, qui constituent les véritables agents des mouvements de cet organe. Ces ganglions sont de deux sortes : les uns activent les contractions cardiaques, les autres les modèrent ou les suspendent. Quoique ces ganglions agissent par eux-mêmes, ils sont cependant en rapport avec le centre nerveux cérébro-spinal par l'intermédiaire de plusieurs nerfs; le nerf pneumo-gastrique qui aboutit aux ganglions modérateurs, et dont l'action est de modérer ou de suspendre l'action du cœur, et le nerf accélérateur de Cyon qui se rend aux ganglions excitateurs, et dont la fonction est d'activer les contractions cardiaques; en outre, le cœur émet un nerf centripète, le nerf dépresseur, qui avertit le centre cérébro-spinal de l'état dans lequel se trouve l'organe central de la circulation. « Supposez, dit le Dr Picot, qu'à un moment » donné, les artères se contractent énergiquement, la pression » s'exagérera d'une manière considérable dans le cœur, et elle » pourra être telle qu'une rupture de l'organe soit à craindre. » C'est alors qu'agit le nerf dépresseur, qui, transportant aux

» centres nerveux les impressions reçues, y détermine une paralysie des centres vaso-moteurs, entraînant à sa suite la cessation de la contraction artérielle, et facilitant par le fait l'écoulement du sang. »

Les vaisseaux sanguins et surtout les artères possèdent aussi des fibres nerveuses et des ganglions. Les fibres nerveuses sont de deux ordres : les unes produisent la contraction des artères ; ce sont les nerfs vaso-constricteurs ; les autres amènent leur dilatation ; ce sont les nerfs vaso-dilatateurs. Les ganglions sont d'abord tous les ganglions rachidiens du grand sympathique, et ensuite les petites masses nerveuses qui se trouvent à la périphérie, sur le trajet des fibres vaso-motrices au moment où elles pénètrent les parois des vaisseaux. Ces ganglions doivent être considérés comme des ganglions excitateurs des artères ; ils sont toujours en activité et ils maintiennent ces vaisseaux dans un état de contraction permanente, que l'on appelle le tonus vasculaire, et contre laquelle lutte continuellement la pression du sang. Les fibres nerveuses vaso-dilatatrices produisent le relâchement vasculaire en suspendant l'action de ces ganglions toniques.

Ces différents ganglions vaso-moteurs peuvent agir par eux-mêmes ; cependant ils sont en rapport avec le centre cérébro-spinal, et celui-ci peut exercer une influence sur l'activité de ces ganglions. Ils ont aussi des relations avec la surface cutanée par l'intermédiaire de fibres nerveuses périphériques.

On voit donc que toutes les parties du système nerveux qui gouvernent la fonction circulatoire sont en communication. Ainsi le cœur peut, par le nerf pneumo-gastrique ou le nerf accélérateur, recevoir des excitations venant du centre cérébro-spinal, qui augmentent ou diminuent l'action cardiaque suivant l'état de la circulation périphérique ; et, d'un autre côté, les parties périphériques peuvent recevoir du centre cérébro-spinal des stimulations constrictives ou dilatatrices, suivant les résistances que le cœur éprouve dans son action ; enfin les ganglions toniques peuvent recevoir des excitations venant du dehors par l'intermédiaire des fibres nerveuses périphériques.

L'ensemble de ces nerfs et de ces centres nerveux constitue l'appareil vaso-moteur, que nous croyons être en même temps l'appareil régulateur de la calorification animale.

Nous sommes maintenant à même d'étudier le mécanisme de la régulation thermique, qui doit être double : elle peut porter sur la déperdition de chaleur et sur la production de calorique.

Régulation de la perte thermique. — La perte thermique doit varier suivant les circonstances extérieures et suivant l'intensité de la production interne de chaleur.

1° Supposez un homme entouré d'air froid ; par suite du refroidissement de la peau qui en résulte, le dégagement de chaleur éprouvé par cette membrane diminuera en vertu de la loi de Newton ; ensuite, plus la peau est froide, moins il s'évaporera d'eau ; enfin l'air froid provoque, soit directement, soit par voie réflexe, la contraction des vaisseaux cutanés, de sorte qu'une moindre quantité de sang se refroidira et se mêlera au sang chaud des parties internes. Des conditions atmosphériques opposées modifieront le dégagement de chaleur en sens inverse : la peau plus chaude dégagera relativement plus de chaleur et laissera évaporer plus d'eau ; il pourra même arriver que les glandes sudorales entrent en fonction et qu'il se secrète des sueurs profuses qui abaissent considérablement la température ; en outre l'air chaud amène une dilatation des vaisseaux cutanés, dans lesquels la circulation sera plus facile et plus abondante, et par conséquent plus de sang viendra s'y rafraîchir.

2° La déperdition de calorique se met aussi en rapport avec la production. Ainsi supposons que, par suite de certaines circonstances, moins de chaleur soit créée ; le sang étant moins chaud, la différence thermique entre ce liquide et l'air sera moindre, le rayonnement sera diminué ; en outre le sang laisse évaporer moins d'eau ; enfin, il se produira par les nerfs vaso-constricteurs une contraction des vaisseaux cutanés, d'où passage d'une moindre quantité de sang dans la membrane réfrigérante. Si, au contraire, la création de chaleur a augmenté, la circulation sera plus active, les vaisseaux cutanés se dilateront et se gorgeront de

sang; d'où refroidissement d'une plus grande quantité de ce liquide; en outre la différence thermique entre le sang et l'air sera exagérée; enfin l'évaporation de l'eau sera plus abondante, et il pourra même se sécréter des sueurs profuses.

Régulation de la production thermique. — Certains auteurs ont prétendu que la régulation calorifique dépendait exclusivement des modifications de la déperdition, et que la production de chaleur restait toujours la même. Cette opinion n'est guère soutenable.

Nous avons vu, en effet, que les conditions qui influencent la déperdition sont nombreuses et variées : les unes sont purement physiques, les autres sont physiologiques. Il serait vraiment étonnant que toutes ces conditions si variées, si indépendantes les unes des autres, pussent toujours agir, dans toutes les circonstances possibles, de telle sorte que la somme de leurs effets fût exactement correspondante à la somme des effets des causes thermogènes. A la rigueur, on pourrait encore admettre cette hypothèse dans les circonstances ordinaires; mais cela est vraiment inadmissible dans les modifications considérables des conditions de température.

Au reste, on peut calculer directement la quantité de chaleur perdue et la quantité de chaleur produite. Liebermeister a fait les expériences et les calculs que voici :

Il a placé un homme sain dans un bain froid : cet homme a échauffé en 9 $^1/_2$ minutes 160 kilogrammes d'eau de 20°,10 à 20°,60. Or, des recherches préalables avaient prouvé que l'échauffement aurait encore augmenté de 0°,03 si l'eau n'avait pas perdu du calorique par rayonnement. Donc 160 kilogrammes d'eau ont été échauffés de 0°,53, ce qui revient à dire que l'homme a abandonné 85 calories. Or, dans les conditions ordinaires, c'est-à-dire à l'air libre et à une température moyenne, le même individu n'aurait dégagé dans le même temps (9 $^1/_2$ minutes) que 13 calories; donc la perte thermique pendant le bain a été 6 $^1/_2$ fois la perte normale. On voit que dans le bain froid la déperdition de chaleur est accrue.

Or, malgré cette déperdition, la température interne du corps n'a pas changé; si on applique le thermomètre au sortir du bain, on retrouve toujours cette température de 37°. Comment cela est-il explicable, sinon en admettant que pendant le bain il s'est produit assez de chaleur pour compenser l'augmentation des pertes? Et l'on peut calculer la quantité de calorique produite: en effet, on trouve que dans un bain de 25°, durant 16 $^1/_2$ minutes, l'eau a reçu 137 calories; de ces calories il faut retrancher 31 calories qui proviennent du refroidissement de la peau au commencement du bain; il reste donc 106 calories produites et perdues par le corps. Or, une personne produit dans le même temps et dans les circonstances ordinaires environ 42 calories; donc la production thermique est devenue 1 $^1/_2$ fois plus forte pendant le bain froid.

On peut confirmer cette expérience en recherchant la quantité d'acide carbonique produite pendant la durée du bain. Ainsi un homme qui exhale ordinairement 13 grammes d'acide carbonique en une demi-heure, en exhale 39 grammes pendant un bain froid. Il est donc établi que la production thermique varie suivant le dégagement de chaleur, et qu'on doit tenir compte de ces variations dans la régulation calorifique.

Le mécanisme de la régulation de la thermogénèse me paraît double : 1° L'appareil vaso-moteur peut agir sur les phénomènes nutritifs et thermiques en modérant ou en activant, soit la circulation générale, soit les circulations locales de certaines parties du corps; cette action se produit par voie réflexe. Ainsi, dans un bain, le froid agit sur les extrémités terminales des nerfs, ceux-ci transmettent l'impression au centre cérébro-spinal, d'où part une incitation par le nerf accélérateur vers l'organe central, ou par les nerfs rachidiens vers les vaisseaux des organes internes; il se produit ainsi, soit une accélération de la circulation générale, soit, tout au moins, une dilatation des vaisseaux profonds, d'où conditions plus favorables aux échanges nutritifs et aux phénomènes chimiques. 2° Nous avons vu cependant qu'il ne faut pas exagérer l'influence de la circulation sur les phénomènes chimiques et thermiques; nous avons dit qu'une congestion sanguine peut se

produire sans qu'il y ait exagération des échanges nutritifs. Aussi suis-je porté à admettre un second mode de régulation thermique. Avec Vulpian, je crois à l'existence de nerfs ou de fibres nerveuses trophiques, ou du moins j'admets que les centres nerveux exercent une influence directe sur la nutrition des tissus; si les connexions nerveuses qui existent entre les centres trophiques et les organes sont détruites, on voit ceux-ci s'atrophier graduellement. La discussion de ce point de physiologie serait longue; je ne fais que la signaler en passant. Si cette opinion est vraie, on comprend que la production thermique peut être augmentée ou diminuée suivant l'état d'excitation ou d'inertie des centres nerveux trophiques.

Ce serait ici le lieu de discuter l'hypothèse des nerfs ou des centres purement thermiques, c'est-à-dire agissant sur la fonction thermique à l'exclusion des phénomènes nutritifs; et aussi la théorie des centres modérateurs thermiques. Je me bornerai à dire que les expériences citées à l'appui de ces opinions me paraissent mal interprétées, et que ces hypothèses ne sont pas nécessaires pour l'explication du mécanisme de la thermogénèse.

L'appareil nerveux régulateur de la calorification animale n'est donc pas un appareil spécial, ayant cette régulation pour seule fonction. Il se compose des différentes parties du système nerveux qui gouvernent la circulation du sang et la nutrition des tissus. Nous avons vu que toutes ces parties sont reliées entre elles par des fibres nerveuses. C'est cette connexion nerveuse qui permet aux deux facteurs de la calorification de toujours se rapporter; si elle est détruite, la régulation n'est plus possible et la température de l'animal variera avec les conditions extérieures. C'est ainsi que s'expliquent les résultats des expériences consistant à sectionner certaines parties du centre cérébro-spinal, résultats qui conduisaient à admettre l'existence de deux centres, l'un excitateur, l'autre modérateur de la calorification, ou l'existence d'un seul centre régulateur thermique.

II. — Calorification pathologique.

Maintenant que nous connaissons le mécanisme par lequel l'homme en santé conserve toujours une température constante de 37° C., nous pouvons essayer d'expliquer la théorie de la fièvre, cet état morbide qui se caractérise essentiellement par une élévation marquée et durable de la température humaine. Si nous prenons pour type de la fièvre un accès de fièvre intermittente, nous y distinguons trois périodes : 1° le frisson, pendant lequel le malade éprouve une sensation de froid très-intense, avec claquement des dents, horripilation ou frissonnement des membres; à ce moment la peau est pâle, exsangue; le pouls est fréquent, mais petit, ou concentré; la respiration est accélérée, il y a un grand malaise général; 2° puis vient la période de chaleur : le malade ressent d'abord des bouffées de chaleur qui montent au visage et envahissent tout le corps; cette sensation, d'abord agréable, devient de plus en plus intense et finit par être insupportable; la peau est rouge; le pouls large et plein; la soif est vive; l'appétit fait défaut; souvent il y a du délire; 3° enfin la période de déclin, pendant laquelle la sensation de chaleur diminue; une transpiration de plus en plus copieuse recouvre toute la surface de la peau qu'elle rafraîchit; le pouls diminue de fréquence et de force; en un mot, les symptômes morbides tombent; l'accès fébrile va se terminer.

Cette description montre que la fièvre consiste en un ensemble de phénomènes anormaux qui affectent toutes les fonctions du corps depuis la digestion jusqu'aux sécrétions et à l'innervation. Mais au milieu de tous ces symptômes il en est un qui caractérise à lui seul un accès de fièvre, c'est l'élévation de la température; ce symptôme domine toute la scène pathologique, on peut dire d'une manière presque absolument exacte, que tout individu dont

la température subit une élévation durable a la fièvre. Cette élévation existe dans les trois périodes de l'accès, même pendant le frisson, alors que le malade se plaint d'éprouver une sensation de froid extrêmement vive; souvent cette période se caractérise par une élévation très-rapide de la température qui se ralentit ensuite. Si on applique le thermomètre à un fébricitant, on constate toujours une ascension de la colonne mercurielle à 39, 40, 41 et jusque 42° C.

Il est intéressant et utile, au point de vue pratique, de connaître le mécanisme de cette profonde modification thermique. Découvrir ce mécanisme, c'est découvrir toute la théorie de la fièvre. Les théories pathogéniques de la fièvre ont nécessairement varié avec les hypothèses sur la calorification normale. Ainsi, tandis que les iatro-mécaniciens expliquaient l'élévation de la température par l'exagération des frottements du sang devenu grossier et gluant et contenant une matière morbifique plus ou moins abondante, d'autres pensaient que le sang s'échauffait en traversant les organes enflammés, d'où élévation thermique générale. La théorie de la fièvre a fait de grands progrès de nos jours, depuis les travaux de Lavoisier et depuis la découverte des nerfs vaso-moteurs.

Nous savons maintenant que la chaleur humaine résulte de deux facteurs : la production calorifique et la déperdition thermique; nous savons aussi que ces deux facteurs sont susceptibles de variations assez considérables. Il importe donc, au point de vue de la pathogénie de la fièvre, de déterminer la part prise par chacun de ces facteurs à l'élévation anormale de la température.

Les deux premiers auteurs qui se sont occupés de cette question, Traube en Allemagne et Marey en France, attribuèrent principalement l'élévation thermique à une diminution du dégagement de calorique par suite de la contraction des vaisseaux cutanés; la circulation étant enrayée à la périphérie, le sang ne va plus s'y refroidir et la chaleur s'accumule à l'intérieur. Hueter adopte aussi cette théorie; seulement à la place du spasme des artérioles cutanées, il substitue l'oblitération d'un certain nombre

de vaisseaux capillaires qui seraient ainsi soustraits de la circulation générale et de la circulation pulmonaire; ces obstructions qui se feraient par des amas de globules blancs et de bactéries, amènent une diminution de pertes thermiques et par suite une accumulation intérieure de la chaleur normale.

Enfin les travaux de Leyden, Liebermeister, Naunyn, etc., tendent à établir que la température fébrile est due, si pas exclusivement, du moins en très-grande partie, à une exagération de la production thermique.

Nous croyons avec Senator, Botkin, Winternitz, que la chaleur exagérée de la fièvre tient en même temps à une diminution du dégagement thermique et à une augmentation de calorique créé.

Augmentation de la production thermique. — Que la calorification soit exagérée pendant la fièvre, c'est ce que nous pouvons établir directement et indirectement.

La *preuve directe* de ce fait a été donnée par Liebermeister. Voici comment il a procédé : il a préparé un bain de 200 litres à une température de 30°,07; il abandonne le bain pendant 20 minutes; la température est descendue à 29°,55; le bain a donc perdu par minute $\frac{30°,07 - 29°,55}{20} = 0°,026$. Alors il introduit dans ce bain un fébricitant et l'y laisse pendant 30 minutes; on évalue à ce moment la température du bain qui est de 29°,58. On laisse de nouveau le bain au repos pendant 15 minutes et on note sa température qui est de 29°; il a donc perdu par minute $\frac{29°,58 - 29°}{15} = 0°,038$. Donc la perte de chaleur que le bain éprouve par rayonnement pendant les 30 minutes de séjour du malade peut être évaluée à environ $\frac{0°,026 + 0°,038}{2} \times 30 = 0°,96$. Si donc le malade n'avait pas été mis au bain, la température de l'eau aurait été à la fin de ces 30 min. 29°,55 — 0°,96 = 28°,59. Or, nous avons vu que la température du bain, quand on en a retiré le malade, était de 29°,58; le bain a donc gagné 29°,58 — 28°,59 = 0°99 et si on convertit ce chiffre en calories, en le multipliant par 200, on trouve que le bain a gagné ou que le malade a perdu 0°,99 × 200 = 198 calories pendant la durée

de l'expérience. Ce chiffre est bien supérieur à celui obtenu chez l'homme sain, ce qui prouve l'augmentation des pertes thermiques pendant la fièvre ou, tout au moins, une plus grande susceptibilité aux soustractions thermiques.

Mais Liebermeister a poussé le calcul plus loin et a établi qu'à cette perte de calorique correspond une augmentation de chaleur créée. En effet, le malade pesait 39 kilogrammes; sa température était, avant le bain, de 40°,35; après le bain elle est tombée à 39°,18, différence : 1°,17. Le coefficient calorifique de l'homme étant 0,83, la perte en calories a été de $1°,17 \times 39 \times 0,83$, soit 37,87 calories. Cependant nous avons vu que le bain a absorbé 198 calories; il reste donc 160 calories abandonnées au liquide et qui auraient dû se faire sentir au thermomètre et abaisser la température du sujet d'une quantité égale à $\frac{160}{39 \times 0,83} = 4°,9$. Cette perte devait amener la température du malade à 34°,28 au lieu de 37°,18. Il est vrai qu'il s'est produit au début du bain un dégagement de chaleur périphérique par refroidissement de la peau, pouvant être évaluée à 45 calories. Il reste encore 115 calories dont la présence dans le bain ne peut être expliquée que par l'élévation de la production thermique dans l'organisme du fébricitant.

On peut aussi prouver l'exagération de la calorification *par voie indirecte,* c'est-à-dire en examinant les produits ultimes de la combustion qui correspond à l'élévation de la température.

Ainsi la *quantité d'urée* sécrétée par un fébricitant est plus considérable qu'à l'état normal. Pour déterminer cette quantité, il faut établir la comparaison entre un fébricitant à la diète et un sujet sain observant la même diète; en outre, il faut tenir compte de la taille de l'individu, puisque l'homme à la diète brûle sa propre substance. C'est pour avoir négligé cette précaution que plusieurs auteurs sont arrivés à des résultats erronés. Il est établi que la quantité d'urée éliminée par 24 heures et par kilogramme d'homme sain est de 0,53 à 0,59 grammes; le rapport de l'urée rendue par le sujet sain est à celle du fébricitant = 100 : 225 ou 300. Le fébricitant élimine donc en moyenne

une fois et demie plus d'urée que le sujet sain. Notons que cette augmentation d'urée se constate souvent pendant la période de frisson et même, d'après certains auteurs, pendant la période prodromale.

Cette augmentation d'urée ne représente cependant pas le chiffre exact de la décomposition des matières albuminoïdes; il est possible, même probable, qu'une certaine quantité d'urée formée en plus pendant la fièvre n'est expulsée du corps qu'un certain temps après la fièvre; car les urines des fébricitants sont ordinairement rares; les conditions d'excrétion de l'urée sont donc défavorables. En outre, la sueur, les différentes sécrétions morbides, doivent encore contenir des matières azotées; enfin l'urine renferme souvent plus d'ammoniaque qu'à l'état normal. La décomposition de matières albuminoïdes est donc peut être plus forte que ne l'indique la quantité d'urée sécrétée.

Une autre preuve de l'exagération de la production thermique nous est fournie par la *quantité d'acide carbonique* exhalé par l'expiration. D'après Traube et les premières recherches de Senator, le fébricitant exhalerait moins d'acide carbonique que l'homme sain. C'est une erreur qui s'explique: pendant la fièvre la respiration est accélérée; et cette accélération est d'autant plus grande que la chaleur est plus élevée; mais une respiration plus fréquente fait passer en un temps donné plus d'air par la surface pulmonaire; il faut donc tenir compte, non de l'acide carbonique contenu dans tel volume d'air expiré, mais bien de l'acide carbonique produit dans tel espace de temps.

Ainsi les expériences de Leyden et Liebermeister ont établi que le contenu proportionnel d'acide carbonique dans l'air expiré est diminué; il est à la quantité normale $= 3 : 3\ ^1/_3$; mais la quantité absolue d'acide carbonique éliminé en un temps donné est augmentée; elle est à la qualité exhalée par un sujet sain $= 1\ ^1/_2 : 1$. D'après Liebermeister cette exagération d'exhalation d'acide carbonique existerait même pendant le frisson. Les dernières recherches de Senator établissent que la production d'acide carbonique est augmentée en moyenne de 30 à 40 p. c.

On voit par ces chiffres que l'exagération de la décomposition

albuminoïde est plus grande que l'exhalation d'acide carbonique. Ce fait paraît à première vue en contradiction avec le mécanisme de la calorification tel que nous l'avons décrit; car la chaleur animale étant surtout due à l'oxydation des matières ternaires, il semblerait qu'une combustion plus active devrait amener surtout la production d'acide carbonique. Senator a cherché à interpréter cette différence et il en tire des conséquences intéressantes.

Il résulte des recherches de Salkowski que la sortie des sels de potasse est fort augmentée pendant la fièvre; elle est 3, 4 et 7 fois plus forte que chez un homme sain qui observe la diète. On sait aussi que la matière colorante de l'urine est sécrétée en plus grande abondance pendant la fièvre; Vogel évalue que la quantité de cette matière colorante est 4 fois plus grande dans l'état fébrile. Aucun autre produit de dénutrition n'est sécrété en aussi grande abondance. Ce sont donc surtout les tissus riches en potasse et en hémoglobine, qui est la substance mère de la matière colorante de l'urine, qui doivent être décomposés pendant la fièvre; or, ces tissus sont principalement les globules rouges du sang et les muscles. Et, effectivement, Körber a constaté que l'hémoglobine est beaucoup moins stable pendant les maladies fébriles, et Manassein a observé que les globules rouges des fébricitants diminuaient en volume. D'autre part, nous savons que ces globules rouges du sang et l'hémoglobine sont précisément les éléments qui reçoivent l'oxygène inspiré et les transportent dans tous les tissus; donc, à mesure que ces éléments diminuent, la quantité d'oxygène pouvant pénétrer dans le corps devra diminuer aussi; l'organisme du fébricitant, renfermant moins de ce gaz, ne pourra pas oxyder autant d'éléments organiques. Et comme il faut déjà une certaine quantité d'oxygène pour former l'urée, les autres termes d'oxydation qui demandent encore plus d'oxygène seront produits en moindre quantité; telle est la condition des matières ternaires qui donnent lieu au dégagement d'acide carbonique. Il y aura donc relativement moins d'acide carbonique exhalé.

Puisque ce sont surtout les matières albuminoïdes qui tombent

en désagrégation pendant la fièvre, ce corps deviendra relativement plus riche en graisse. C'est par là que Senator cherche à expliquer ce fait que les maladies fébriles, si elles durent un certain temps, finissent par amener une dégénérescence graisseuse de différents organes, tels que le cœur, le foie, les reins, etc.

On objectera peut-être que les fébricitants maigrissent cependant, qu'ils perdent une grande partie, si pas la totalité, de leur couche de graisse sous-cutanée. Cela est vrai, mais remarquons que cet amaigrissement se produit principalement au début de la fièvre, alors par conséquent que les globules du sang n'ont pas encore beaucoup souffert ou qu'un petit nombre seulement sont atteints. Si la fièvre persiste, ces globules se détruisent en plus grande quantité et c'est alors que moins de matières ternaires sont brûlées et que survient la dégénérescence graisseuse des organes.

Cette interprétation concorde avec un autre fait d'observation vulgaire; c'est l'amaigrissement qui survient souvent au début de la convalescence d'une maladie fébrile, alors cependant que le malade ne se donne pas encore beaucoup de mouvement et qu'il commence à s'alimenter. Cet amaigrissement s'explique : par suite de la chute de la fièvre, le travail de décomposition des globules rouges s'arrête ; sous l'influence des aliments, il s'en reforme déjà de nouveaux; par conséquent plus d'oxygène pourra circuler dans le corps et plus de graisse sera brûlée.

Une dernière preuve indirecte de l'augmentation des combustions organiques dans la fièvre se trouve dans l'examen de *la perte de poids* éprouvée par le malade. Cette perte représente la somme des décompositions ternaires et quaternaires. Or, Weber dit que pour un homme sain à la diète, la perte de poids est de 23 à 30 grammes par jour et par kilogramme; pour un fébricitant, elle est de 30 à 44 grammes par jour et par kilogramme. Les pertes de l'homme sain sont à celles du malade = 100 : 120 ou 150.

Nous avons des preuves suffisantes de l'exagération de la

production thermique pendant la fièvre. Quel est le mécanisme de cette suractivité des opérations physico-chimiques qui ont lieu dans l'intimité des tissus et qui dégagent de la chaleur? Comme le dit Vulpian, ce mécanisme est double : la cause morbide peut agir directement sur la substance organisée de tous les tissus et y produire une exagération des processus calorifiques; en outre, elle peut exercer une action plus ou moins vive sur les centres nerveux et le trouble fonctionnel de ces centres retentira sur l'ensemble des tissus de l'organisme ou principalement sur certains d'entre eux pour y provoquer une exaltation des actes physico-chimiques. Cette action sur le système nerveux porte d'abord sur l'appareil vaso-moteur : une dilatation des vaisseaux se produit, la circulation est facile et abondante; en d'autres termes, les conditions sont plus favorables aux échanges nutritifs et à leurs suites thermogènes; en outre les nerfs ou les centres nerveux trophiques sont également affectés par la cause morbide, et sous cette influence la nutrition élémentaire est directement exaltée. Cette participation du système nerveux à la pathogénie de la fièvre n'est pas une simple vue de l'esprit, on pourrait en donner des preuves nombreuses; je me contenterai de rappeler les différents symptômes nerveux qui surgissent dans la fièvre, tels sont l'abattement général, les douleurs des membres, la céphalalgie, la surexcitation intellectuelle, le délire, etc.

Mais cette hyperproduction thermique suffit-elle pour expliquer l'élévation fébrile de la température? D'après Liebermeister toute la pathogénie de la fièvre se réduirait à cette exagération des combustions. Les conditions de régulation thermique resteraient les mêmes chez un fébricitant que chez un homme sain; seulement chez le premier l'activité des combustions est telle que les pertes de calorique sont insuffisantes pour ramener le corps à sa température normale; en d'autres termes, l'apparail régulateur persiste, mais il est disposé pour un degré plus élevé qu'à l'état normal.

En fait, l'observation est contraire à cette opinion : le fébricitant ne présente pas une température aussi fixe que l'homme

sain. Des influences qui sont sans action à l'état de santé produisent des modifications plus ou moins grandes pendant la fièvre. Ainsi une hémorrhagie minime peut faire baisser la température; une légère excitation intellectuelle ou morale, les mouvements du corps les plus bornés, la sortie du lit, le transport du malade à l'hôpital, un léger écart de régime élèvent la température; enfin les bains froids, dont on fait un si large usage dans le traitement des affections fébriles produisent un abaissement thermique plus grand et plus durable que chez l'homme sain.

Ce qui prouve encore que l'hyperproduction de chaleur ne suffit pas pour expliquer la fièvre, c'est que le calorique procuré artificiellement à l'organisme ne dure pas; ainsi après un repas copieux, après un exercice musculaire, il y a élévation de la température, mais elle est passagère. Enfin nous savons que dans la fièvre l'hémoglobine et les globules rouges se détruisent incessamment; cette destruction diminue plus ou moins la production de calorique, puisqu'elle restreint l'entrée de l'oxygène dans l'organisme.

Il doit donc y avoir aussi DIMINUTION DU DÉGAGEMENT DE CALORIQUE pour expliquer la chaleur fébrile. Cette diminution n'est pas la même dans les différentes périodes de l'accès.

C'est surtout pendant le frisson qu'on peut constater une rétention de chaleur dans l'organisme. Ce fait, déjà établi par les études de Traube et de Marey, a été confirmé par les recherches et les expériences du D[r] Winternitz de Vienne. Ce dernier a construit un calorimètre spécial, à l'aide duquel il évalue le dégagement de la chaleur dans des régions restreintes du corps. L'expérience consiste à apprécier l'échauffement de l'air renfermé dans l'appareil; elle est donc plus concluante que les observations de Liebermeister qui se servait de bains plus ou moins froids; car il faut distinguer le dégagement spontané de calorique, tel qu'il existe chez le fébricitant, du dégagement provoqué par l'action d'un bain. Le corps peut être plus susceptible aux soustractions thermiques sans dégager plus de chaleur à l'air libre.

Voici les résultats calorimétriques obtenus par Winternitz à la fin de la période de frisson :

	PENDANT LA FIÈVRE : T. 38°,8.	APRÈS LA GUÉRISON : T. 37°.
Échauffement du calorimètre en 10 minutes.		
A l'épigastre.	9°,2	. . . . 7°,9
Avant-bras.	4°,9	. . . . 6°,6
Mollet.	3°,1	. . . . 6°
Moyenne	5°,73	. . . . 6°,83

Le dégagement de chaleur était donc diminué d'environ 8, 4 p. c. Si on applique ce chiffre à toute la durée du frisson, on trouve que cette diminution de déperdition thermique suffit pour expliquer l'élévation de la température. Et, en effet, d'après Helmholtz, un homme sain de 60 kilogrammes perd 1,6 calories par minute, donc 96 calories par heure. Une diminution de 8,4 p. c. abaissera par conséquent ce chiffre de 8,064 calories par heure, c'est-à-dire 96,768 calories par 24 heures. Or, pour élever de 1° le corps d'un homme de 54 kilogrammes il faut 44,82 calories et pour l'élever de 1,6°, ce qui était l'élévation, chez le malade de W., il suffit de 71,712 calories. La rétention avait été de 96,767 calories; elle dépassait donc de 26 calories la quantité nécessaire pour expliquer la chaleur fébrile.

Remarquons que dans cette expérience le dégagement thermique est diminué à l'avant-bras et au mollet, tandis qu'il est augmenté à l'épigastre; c'est que cette dernière région est plus couverte que les deux autres et qu'en outre la peau y est très-rapprochée de quelques vaisseaux splanchniques; le résultat calorimétrique sera donc l'expression de la chaleur interne du sang plutôt que du dégagement cutané; en outre nous avons vu que les différents territoires vasculaires sont relativement indépendants les uns des autres et de la circulation générale; la déperdition de chaleur peut donc être diminuée dans certaines régions, tout en restant la même ou en augmentant ailleurs.

Winternitz a fait des expériences sur des animaux, par lesquelles il provoquait la contraction des vaisseaux cutanés et il parvenait à obtenir une diminution du dégagement de chaleur d'environ 60 p. c. Or la déperdition thermique d'un homme de 60 kilogrammes est d'environ 96 calories par heure. Pour élever de 1° la température d'un homme de ce poids il suffit de 49,8 calories. Une diminution de dégagement calorifique de 60 p. c. retiendra donc assez de chaleur pour que, la production restant la même, la température du corps s'élève de 1° en une heure et demie, et si cette diminution est bornée à la moitié du corps, 3 heures seulement suffisent. Or, en fait, le frisson dure souvent plus longtemps; il est donc évident qu'une diminution plus considérable du dégagement thermique sur toute la surface du corps ou une diminution notable sur une partie restreinte du corps peuvent expliquer l'élévation de la température du début de la fièvre.

La rétention de chaleur ne dépend pas seulement de l'état de la circulation périphérique et des fonctions de la peau; elle est encore favorisée par les conditions dans lesquelles se place le malade. Le fébricitant, vu sa grande sensibilité au froid, est porté à se couvrir; on lui impose un supplément de couvertures; on lui administre des boissons chaudes; on l'entoure d'une température assez élevée; en outre il tâche de diminuer les surfaces de dégagement thermique; il prend une position par laquelle il occupe un plus petit espace et telle que de grandes surfaces de la peau se touchent; il s'abstient de tout mouvement pour éviter le contact avec les parties de sa couche non échauffées; bref il s'entoure d'un milieu dont la température est au moins égale à celle de la peau plus ou moins refroidie.

Le Dr Winternitz cite à l'appui de sa théorie un fait remarquable : c'est qu'il est parvenu à couper ou à modifier considérablement un accès fébrile en combattant la rétention de chaleur sans enlever la cause morbide. Supposez un homme atteint de fièvre intermittente, prenez-le au moment où le frisson va commencer, alors que la contraction des vaisseaux cutanés produit la rétention de chaleur; si à ce moment vous provoquez un grand

dégagement thermique, l'accès sera coupé ou, tout au moins, diminué de violence. C'est ce que Winternitz dit avoir obtenu par des bains à la température du sang, par des frictions avec des linges mouillés ou secs jusqu'à rubéfaction de la peau, par des bains ou des douches froides; tous ces procédés ont pour effet d'amener directement ou par réaction une congestion des vaisseaux cutanés et d'augmenter la perte du calorique. Voici, en effet, des chiffres qui montrent le résultat obtenu.

	AVANT LA FRICTION.	APRÈS LA FRICTION.
Échauffement du calorimètre en 10 minutes	5°,3	6°,8
Température rectale	38°,3	37°,8
» de la peau	33°,4	33°,6
Pouls	108	88

Enfin Winternitz a recherché ce qui arrive si on restreint le dégagement de chaleur chez un sujet bien portant. Un homme de 33 ans, sans fièvre aucune, est placé à 10 h. du matin dans une couverture de laine; on le recouvre ensuite de plusieurs couches de couvertures et de draps; un thermomètre est placé dans l'aisselle; on tâte le pouls à l'artère carotide. On constate que la température monte insensiblement et s'élève d'environ 0°,7 au bout de 2 $^{1}/_{2}$ heures; en même temps le pouls qui était à 60 est monté à 90. Or, dans cette expérience la déperdition de chaleur par conductibilité et par rayonnement était seule diminuée; l'évaporation était augmentée, au contraire; ce qui le prouve, ce sont les sueurs profuses qui ne tardent pas à survenir.

Liebermeister et Kernig ont fait des expériences analogues au moyen de bains. Le premier obtenait une élévation de 1°,27 en 25 minutes, le second une élévation 0°,8 à 1° en une demi-heure.

Il faut le dire, ces chiffres ne s'accordent pas avec l'élévation parfois si rapide de la température pendant le frisson. On voit souvent la chaleur humaine s'élever de 2° en une demi-heure. Mais il faut bien tenir compte de la difficulté d'obtenir expérimentalement des conditions de température bien constantes. Je

crois cependant que dans ces ascensions thermiques si brusques de la période de frisson, la rétention de chaleur ne suffit pas pour expliquer ce changement; il doit y avoir en même temps hyperproduction de calorique; c'est ce que prouve, au reste, l'augmentation de la quantité d'urée sécrétée pendant le frisson.

Pendant la deuxième période de l'accès fébrile, l'exagération de la thermogénèse ne suffit pas, avons-nous déjà dit, pour expliquer l'élévation de la température. Senator a constaté que même au paroxysme de la fièvre, la quantité d'acide carbonique d'urée éliminée varie plus ou moins suivant les jours ou suivant les heures de chaque jour. Il a observé les mêmes variations et les mêmes différences dans la quantité de chaleur dégagée par le corps fébricitant. Il a remarqué que cette déperdition ne correspond pas toujours à l'élévation de la calorification; souvent une température élevée coïncidait avec un dégagement de chaleur moins considérable. Les médecins qui emploient les bains froids dans le traitement des maladies fébriles savent aussi que leur action varie beaucoup, non-seulement d'après la période de la maladie, mais même suivant l'heure de la journée.

Au reste, les faits cliniques s'accordent avec ces faits d'expérience. Ainsi on voit souvent les symptômes d'excitation cardiaque, ce que les anciens nommaient *turgor febrilis*, alterner avec des signes de relâchement vasculaire. Il suffit d'observer un fébricitant pour constater ces alternatives à la figure, aux oreilles, au dos de la main, aux conjonctives, partout enfin où les vaisseaux sont superficiels. On constate aussi des alternatives de chaleur, d'horripilation et de frisson. Un mouvement, le contact avec un corps froid suffisent pour ramener le frisson qui avait cessé.

Il y a donc, pendant la deuxième période de la fièvre, à côté de l'hyperproduction thermique, une rétention de chaleur. Mais, tandis que pendant le frisson la rétention était continue, elle subit des variations pendant le stade de la chaleur.

Cette diminution des pertes thermiques s'explique facilement par la contraction des vaisseaux périphériques; cette con-

traction est persistante, presque tétanique pendant le frisson; on le constate aisément : la peau est pâle, exsangue, le pouls est petit, concentré. Dans la deuxième période, les vaisseaux se contractent et se dilatent alternativement, tantôt dans une région, tantôt dans une autre. C'est ce qui a été bien établi par les patientes et minutieuses observations que Senator a faites sur les oreilles des lapins fébricitants. Il a remarqué que les vaisseaux de ces organes sont le siége de mouvements plus ou moins rhythmiques beaucoup plus considérables que chez un animal sain; le moindre attouchement provoque des contractions artérielles intenses; dans l'état de santé on n'observe rien de semblable.

En résumé, la pathogénie de la fièvre s'explique par un double mécanisme :

I. La présence de certaines matières morbigènes dans l'organisme peut agir directement sur la substance organisée des tissus et provoquer ou tout au moins favoriser l'exagération des processus nutritifs avec leurs conséquences thermiques.

II. Dans la fièvre, le système nerveux se trouve dans un état de vive surexcitation, qui se traduit :

1° Du côté de l'appareil vaso-moteur :

a) Au début de la fièvre par une contraction tétanique des vaisseaux périphériques, d'où diminution des pertes thermiques et accumulation intérieure de la chaleur normale.

b) Pendant les périodes suivantes par des alternatives de dilatation et de contraction vasculaire, lesquelles déterminent des exagérations et des diminutions de la déperdition thermique.

2° Du côté des nerfs ou des centres nerveux trophiques par une suractivité de ces organes qui favorisent ou excitent les échanges nutritifs et par conséquent les processus chimiques et thermiques.

Application. — Les maladies fébriles peuvent se ranger sous trois catégories :

1° Celles où la fièvre est de nature purement réflexe, telles que les fièvres éphémères, les fièvres par refroidissement, celles qui suivent les émotions morales, les fatigues corporelles, le cathétérisme, certaines lésions du système nerveux. Dans tous ces cas la pathogénie réside tout entière dans le trouble de l'innervation ;

2° Celles où la fièvre est surtout due à l'introduction de matières morbifiques (miasmes, virus, ferments, etc.); telles sont les fièvres typhoïques, éruptives, paludéennes, etc... ; ces matières agissent directement sur la matière organisée; elles exercent aussi une influence directe sur les centres nerveux ;

3° Enfin les maladies inflammatoires dans lesquelles la fièvre s'explique par voie réflexe d'abord, et ensuite par la pénétration dans le sang des produits inflammatoires que l'on sait être des substances éminemment pyrétogènes.

BIBLIOGRAPHIE.

Gavarret. De la chaleur produite par les êtres vivants. Paris, 1855.

Liebermeister. Ueber Wärme-Regulirung und Fieber. Sammlung klinischer Vorträge, n° 19. Leipzig, 1871.

Liebermeister. Ueber die Behandlung des Fiebers. Sammlung klinischer Vorträge, n° 31. Leipzig, 1871.

Wunderlich. De la température dans les maladies ; traduit par Labadie-Lagrave. Paris, 1872.

Botkin. De la fièvre; traduit par le Dr Georges. Paris, 1872.

Jürgensen. Die Körperwärme des gesunden Menschen. Leipzig, 1873.

Senator. Untersuchungen über den fieberhaften Process und seine Behandlung. Berlin, 1873.

Winternitz. Ueber Wesen und Behandlung des Fiebers. Wiener Klinik. 2e und 9e Heft. Wien, 1875.

Vulpian. Leçons sur l'appareil vaso-moteur. Paris, 1875.

Liebermeister. Handbuch der Pathologie und Therapie des Fiebers. Leipzig, 1875.

Samuël. Ueber die Entstehung der Eigenwärme und des Fiebers. Leipzig, 1876.

Claude Bernard. Leçons sur la chaleur animale. Paris, 1876.

Picot. Les grands processus morbides. Paris, 1876.

ÉTUDE

SUR LES

RESSORTS DE SUSPENSION

ET DE TRACTION A FEUILLES ÉTAGÉES,

SUIVIE D'UNE

TABLE PERMETTANT UNE DÉTERMINATION FACILE DE LEURS DIMENSIONS;

PAR

A. de Fierlant,

Ingénieur civil, attaché aux établissements de la Société anonyme
des Ateliers de la Dyle à Louvain.

Depuis mon entrée au service de la Société anonyme des Ateliers de la Dyle, j'ai dû fréquemment étudier les ressorts de suspension du matériel roulant sur les voies ferrées, tantôt pour calculer les dimensions et le nombre des lames, tantôt pour vérifier les flèches et la résistance. J'ai pu réunir ainsi des données expérimentales assez nombreuses, et l'idée me vint un jour de les coordonner en les complétant.

J'eus l'heureuse fortune de rencontrer partout l'appui le plus bienveillant et le concours le plus efficace. M. A. Durieux, l'éminent directeur de la Société de la Dyle, ayant eu connaissance de mon projet, me donna l'autorisation et les moyens de soumettre à l'essai les différents types de ressorts qui ont passé par ses ateliers. De plus, il eut l'obligeance de me recommander à MM. les ingénieurs du Grand Central belge. Cette puissante Compagnie de chemins de fer possède à Louvain des ateliers de

première importance, où j'ai fait le plus grand nombre des expériences relatées dans ce travail, et plusieurs d'entre elles se rapportent à des modèles que je n'avais pu me procurer ailleurs. Je dois au personnel et spécialement à MM. les ingénieurs Bibet et Matthéi, une grande reconnaissance pour l'accueil sympathique qu'ils m'ont fait, l'amitié qu'ils m'ont témoignée et le concours qu'ils m'ont généreusement prêté.

On le voit, les pages qu'on va lire renferment surtout des faits. C'est là leur seul mérite. J'ai voulu néanmoins exposer d'abord la théorie bien connue des ressorts et établir les formules pratiques qui en découlent. Pour chiffrer les coefficients d'élasticité et de résistance, j'ai choisi, dans la longue série de mes expériences, les plus régulières, c'est-à-dire celles qui ont fourni des déformations uniformément croissantes et qui, par conséquent, dénotent un ressort bien fabriqué et une expérimentation non viciée par des causes qu'il est souvent difficile de découvrir.

Les résultats de ces expériences ont été combinés et les moyennes m'ont servi à dresser des tables où l'ingénieur trouvera tout calculés, soit la charge que peut porter un ressort connu, soit les éléments d'un ressort à placer sous un véhicule donné, soit enfin l'aplatissement d'un ressort par 1,000 kil. de charge.

Ces tables serviront encore de contrôle dans une réception : tout ressort dont l'aplatissement s'écarterait notablement de nos chiffres, serait presque toujours un ressort défectueux par la nature de l'acier ou l'agencement des lames. J'ai souvent eu l'occasion de constater ce fait.

Louvain, octobre 1876.

ÉTUDE

SUR

LES RESSORTS DE SUSPENSION

ET DE TRACTION A FEUILLES ÉTAGÉES.

—

Les ressorts de suspension sont appliqués à tous les véhicules qui font les transports à grande vitesse.

Ils sont destinés à amortir les chocs, à arrêter leur transmission, et sont pour cette raison placés le plus près possible de l'essieu, premier intermédiaire dans cette transmission. Sous l'action du choc le ressort se comprime, emmagasine le travail produit, pour le rendre ensuite d'une manière peu sensible en se détendant.

Le plan de roulement de nos voies ferrées n'est pas uniforme; le rail n'est pas d'une pièce, et le soleil veut qu'entre les différentes parties on laisse un joint d'une certaine ouverture. Rien d'étonnant donc à ce que, malgré le poli des rails, nous éprouvions dans les trains des secousses et des cahotements.

L'intensité du choc dépend de la masse et de la vitesse : ce second élément a le plus d'influence. Les véhicules circulent par trains sur nos chemins de fer, et si au départ, aux changements de vitesse dans la marche, à l'arrêt, nous ne subissons pas le contre-coup du choc des tampons, c'est que dans l'attelage encore on utilise les propriétés des ressorts ; on emploie les ressorts de traction. Partout, en un mot, où l'on doit combattre les effets brusques et destructeurs des forces instantanées, le ressort intervient utilement.

Chacun sait que le ressort de carrosserie doit être doux. Avant d'expliquer cette expression peu technique, ajoutons de suite une qualité plus élémentaire encore : la solidité.

Un bon ressort doit être capable de s'aplatir fortement dans le

sens d'action du choc, sans courir cependant le moindre risque de rupture.

Cette qualité de se déformer pour amortir le choc, le ressort doit la conserver entière indéfiniment. Le premier choc passé, il doit reprendre sa forme et s'apprêter à subir le second avec la même indifférence. C'est là ce qu'on appelle l'élasticité du ressort dans le sens vulgaire du mot.

Les ressorts se font en acier, parce que l'acier est de beaucoup supérieur au fer sous le rapport de la résistance et l'égale presque par son élasticité, de sorte que sous le rapport de l'amplitude des oscillations, il faut préférer le ressort d'acier. En effet, une même tension moléculaire correspond dans le bon acier à une déformation un peu moindre que celle du fer (*); mais le premier pouvant supporter, dans les limites de l'inaltérabilité de la matière, des tensions quatre ou cinq fois plus élevées, il en résulte que l'on obtiendra, au moyen des ressorts en acier, des dépressions quatre ou cinq fois plus fortes que celles fournies par des ressorts en fer.

L'acier employé doit être de première qualité. L'acier cémenté fondu au creuset est préféré par certains constructeurs. Le procédé Bessemer a cependant été perfectionné dans ces derniers temps de manière à fournir un métal de tel degré de carburation que l'on désire, d'une grande homogénéité et d'un bon marché remarquable; aussi l'emploi de l'acier Bessemer se généralise-t-il de jour en jour.

Les ressorts de suspension des véhicules de chemins de fer, que nous avons surtout en vue dans ce travail, agissent toujours par flexion. Or, on sait que la charge étant donnée et le métal choisi, les déformations dépendent non-seulement du degré de

---

(*) D'après les expériences de Hodgkinson, Gouir, etc. on peut admettre que le coefficient d'élasticité du fer varie de 16000 à 20000, soit en moyenne $E = 18000$, tant à la compression qu'à l'extension. L'acier trempé aurait pour coefficient 20000, chiffre moyen admis par Redtenbacher. Divers auteurs, Reuleaux notamment, indiquent pour l'acier dur jusqu'au chiffre de 30000, l'unité étant pour tous ces nombres le kilogr. pour le poids et le mm. carré pour la surface. Remarquons que les déformations étant inversement proportionnelles au coefficient d'élasticité, ce dernier mesure en réalité la raideur, contrairement à sa dénomination.

sécurité que l'on s'impose, mais aussi de la forme affectée par la pièce fléchie.

a. Longueur. La longueur est le premier élément à connaître et son influence est grande puisqu'elle figure à la troisième puissance dans l'expression de la flèche. La caisse des voitures suit les mouvements des ressorts qui la portent et doit, par conséquent, pouvoir s'abaisser, sans rencontrer les essieux ou les roues, d'une quantité un peu supérieure au plus grand aplatissement (*).

L'obligation de réduire la hauteur du plancher de la caisse au dessus des rails pour le facile accès des voyageurs et pour la stabilité en marche, conduit nécessairement à diminuer l'aplatissement. D'un autre côté, la flexibilité est encore limitée par la différence de hauteur de tamponnement entre le véhicule vide et le véhicule chargé.

On peut donc dire qu'il faut composer le ressort de façon à maintenir un certain rapport entre sa longueur et son oscillation maximum. L'examen d'un grand nombre de ressorts nous a conduit à fixer la valeur moyenne de ce rapport à 0.03.

b. Profil en long. La théorie de l'élasticité montre que pour résister *également* à un effort de flexion, une pièce ne doit pas présenter partout la même quantité de matière. Si la section est *uniforme,* le travail moléculaire varie d'une section à l'autre dans la longueur.

Le profil qui correspond à un taux uniforme de la tension moléculaire s'appelle « profil d'égale résistance ». Entre ce dernier et le prisme, la pièce peut affecter mille formes qui toutes procureront une *sécurité égale,* abstraction faite du poids propre de la pièce, mais avec un volume plus grand que celui du profil d'égale résistance.

Celui-ci se distingue d'ailleurs autrement encore que par une

---

(*) En effet, à la séance du 17 mars 1876 de la Société des ingénieurs civils de Paris, M. Rey a communiqué une série d'épures ayant trait aux déplacements relatifs, sur la verticale, du châssis et des ressorts. Sa conclusion est que sous l'action d'une surcharge le châssis s'abaisse plus que les extrémités des ressorts quand l'angle que font les menottes avec l'horizon est faible, et qu'elles ne peuvent changer de sens par rapport à la verticale, comme cela a lieu dans la pratique.

économie de matière. Il se déformera évidemment plus que ses équivalents en résistance, puisqu'une diminution de matière entraîne un accroissement de tension en certains points. Or, il y a précisément intérêt pour les ressorts à augmenter les flèches sans amoindrir la sécurité. La forme d'égale résistanee se trouve ainsi justifiée.

c. Composition des ressorts. Les ressorts sont composés de plusieurs feuilles ou lames superposées, de longueurs différentes. C'est un moyen simple de donner à l'ensemble le profil voulu, en enveloppant la forme d'égale résistance, tout en laissant à chaque élément la forme prismatique à peu de chose près, ainsi qu'une faible épaisseur. L'avantage est double : fabrication plus facile et homogénéité du métal mieux assurée (*).

L'ensemble du ressort pourrait être droit et se courber par flexion; on préfère lui donner une flèche suffisante à la fabrication, flèche qui diminue et disparaît sous la pression des charges.

L'objet de ce travail est de fournir dans des tables bien ordonnées le nombre et les dimensions des lames qui doivent composer un ressort dans les conditions variables de charge et de flexion que la pratique réclame.

Inversement, si le ressort est donné, les tables fourniront les charges qu'il peut porter et les flexions qu'il éprouvera.

Nous offrons donc aux ingénieurs, aux constructeurs et aux fabricants les résultats de calculs toujours longs et souvent ineertains par la valeur à donner aux coefficients que renferment

---

(*) Remarquons en passant que les ressorts de traction à feuilles étagées sont remplacés sur la plupart des lignes, et pour les wagons de marchandises surtout, par des ressorts coniques, ressorts formés d'une lame d'acier tournée en spirale. On place un de ces ressorts dans chaque boîte de choc, un ou deux dans l'appareil de traction. Leur emploi procure une économie de métal et un montage plus facile. Ils doivent ordinairement satisfaire à certaines conditions parmi lesquelles nous citons :

La forme en coupe verticale doit pouvoir s'inscrire dans un polygone donné.

L'aplatissement ne doit être complet que sous une charge déterminée (3 a 4000 kilog.). Cette condition et la suivante sont communes aux ressorts coniques et aux ressorts à feuilles.

On exige l'élasticité parfaite en ce sens que, l'effort cessant, le ressort doit reprendre exactement sa hauteur première.

Enfin le poids de la spirale est limité à 10, 12 ou 15 kilog.

les formules. Des essais directs pouvaient seuls nous donner ces valeurs avec quelque certitude : c'est à ce procédé que nous avons eu recours. Nos calculs supposent des ressorts en *bon acier,* tel qu'en fabriquent MM. Brown, Bayley et Dixon, Krupp, Petin Gaudet, J. Cockerill, etc. Si l'on voulait appliquer nos résultats à un métal de fabrication exceptionnelle, le coefficient d'élasticité et probablement aussi le taux de la tension élastique maximum changeraient; moyennant une correction facile on pourra encore utiliser les tables. Nous donnons un exemple de ces calculs. (Voir « Application n° 5 » et « Expérience n° V. »)

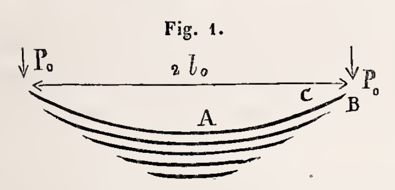
Ces notes seraient incomplètes si nous n'exposions brièvement les formules qui ont servi de base à nos tables et qui se déduisent de la méthode de M. Philipps. (Voir les *Annales des mines,* 1852.)

—

Formules.

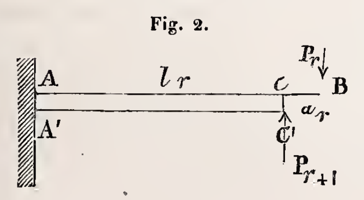
Soit un ressort à n lames étagées, portant une charge P_0 connue à chacune de ses extrémités et ayant une longueur $2l_0$. Négligeons la faible courbure des lames et supposons qu'elles sont en contact par les extrémités (ce qui est assez conforme à la réalité). La section du milieu est de symétrie et nous pouvons y supposer un encastrement.

Fig. 1.



Chaque lame est actionnée de haut en bas par celle qui la précède et de bas en haut par celle qui la suit; de sorte que la lame AB, par exemple, est soumise aux forces $+ P_r$ et $- P_{r+1}$ agissant respectivement aux points B et C.

Fig. 2.



Nous désignons par

$$P_1P_2 \dots P_r \dots P_{n-1}$$

les réactions successives des lames; par

$$l_1l_2 \dots l_r \dots l_{n-1}$$

les demi-longueurs de ces lames; par

$$a_0a_1a_2 \dots a_r \dots a_{n-1}$$

les chevauchements ou saillies, de sorte que

$$a_r = l_r - l_{r+1};$$

par

$$I_0I_1I_2 \dots I_r \dots I_{n-1}$$

les moments d'inertie des différentes lames, lorsque la section n'est pas la même.

Les réactions ne peuvent se déterminer par la statique seule, mais bien en exprimant la condition que les lames restent en contact après flexion; c'est-à-dire que la flèche de AB au point C est égale à la flèche de A'C' en C'. Nous appellerons encore

$$f_0f_1f_2 \dots f_r \dots f_{n-1}$$

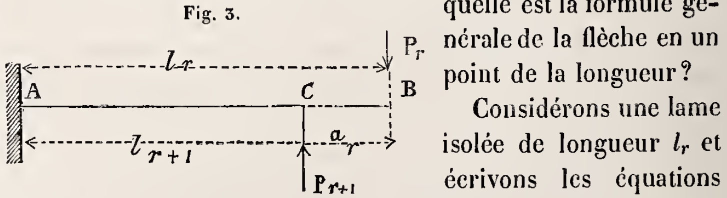
les flèches ou dépressions des extrémités des lames

$$f'_0f'_1f'_2 \dots f'_r \dots f'_{n-2}(f'_{n-1} = 0)$$

celles des points C à l'aplomb de la lame suivante.

Les lames étant quelconques et agencées comme on le voudra, quelle est la formule générale de la flèche en un point de la longueur?

Fig. 3.



Considérons une lame isolée de longueur l_r et écrivons les équations statiques pour chacun des deux tronçons AC et CB.

Tronçon AC.

$$\mathrm{EI}_r \frac{d^2y}{dx_2} = \mathrm{P}_r(l_r - x) - \mathrm{P}_{r+1}(l_{r+1} - x)$$

$$\mathrm{EI}_r \frac{dy}{dx} = \mathrm{P}_r\left(l_r x - \frac{x^2}{2}\right) - \mathrm{P}_{r+1}\left(l_{r+1} x - \frac{x^2}{2}\right)$$

(1) . . . $$\mathrm{EI}_r y = \mathrm{P}_r\left(l_r \frac{x^2}{2} - \frac{x^3}{6}\right) - \mathrm{P}_{r+1}\left(l_{r+1}\frac{x^2}{2} - \frac{x^3}{6}\right).$$

La lame est prismatique et I_r est constant.

Tronçon CB. — Admettons de suite le cas pratique et rendons la lame triangulaire, en plan, dans ce tronçon.

La section variant par la largeur seule, le moment d'inertie I'_r relatif à une section x résulte du rapport

$$\frac{\mathrm{I}'_r}{\mathrm{I}_r} = \frac{l_r - x}{a_r} \quad \text{et} \quad \mathrm{I}'_r = \mathrm{I}_r \frac{l_r - x}{a_r}.$$

Reportant cette valeur dans l'équation des moments

$$\mathrm{EI}'_r \frac{d^2y}{dx^2} = \mathrm{M},$$

on trouvera

$$\mathrm{EI}_r \frac{d^2y}{dx^2} = \mathrm{P}_r a_r = \mathrm{P}_r(l_r - l_{r+1}).$$

Les constantes de l'intégration se déduisent de la continuité en C et nous pouvons écrire

$$\mathrm{EI}_r \frac{dy}{dx} = \mathrm{P}_r\left[(l_r - l_{r+1})x + \frac{1}{2} l_{r+1}^2\right] - \frac{1}{2}\mathrm{P}_{r+1} l_{r+1}^2.$$

(2) $$\mathrm{EI}_r y = \mathrm{P}_r\left[(l_r - l_{r+1})\frac{x^2}{2} + \frac{1}{2} l_{r+1}^2 x - \frac{1}{6} l_{r+1}^3\right] - \frac{1}{2}\mathrm{P}_{r+1}\left[l_{r+1}^2 x - \frac{1}{3} l_{r+1}^3\right].$$

Les équations (1) et (2) donnent les flèches f' et f en y mettant pour x les valeurs l_{r+1} dans la première, et l_r dans la seconde; soit :

(3) . . . . $$\mathrm{EI}_r f'_r = \frac{1}{6}\mathrm{P}_r l_{r+1}^2 (2l_r + a_r) - \frac{1}{3}\mathrm{P}_{r+1} l_{r+1}^3.$$

(4) . . . . $$\mathrm{EI}_r f_r = \frac{1}{6}\mathrm{P}_r(2l_r^3 + a_r^3) - \frac{1}{6}\mathrm{P}_{r+1} l_{r+1}^2 (2l_r + a_r).$$

En donnant à l'indice r les valeurs $0 . 1 . 2 \ldots n - 1$ et observant que $f'_{n-1} = 0$, nous avons formé le tableau suivant où sont en regard les flèches que l'on doit égaler. Pour abréger nous avons remplacé EI par ε.

A

$$\varepsilon_0 f_0 = \frac{1}{6} P_0 (2l_0^3 + a_0^3) - \frac{1}{6} P_1 l_1^2 (2l_0 + a_0)$$

$$\varepsilon_1 f_1 = \frac{1}{6} P_1 (2l_1^3 + a_1^3) - \frac{1}{6} P_2 l_2^2 (2l_1 + a_1)$$

$$\varepsilon_2 f_2 = \frac{1}{6} P_2 (2l_2^3 + a_2^3) - \frac{1}{6} P_3 l_3^2 (2l_2 + a_2)$$

. . . .

$$\varepsilon_r f_r = \frac{1}{6} P_r (2l_r^3 + a_r^3) - \frac{1}{6} P_{r+1} l_{r+1}^2 (2l_r + a_r)$$

. . . .

$$\varepsilon_{n-2} f_{n-2} = \frac{1}{6} P_{n-2} (2l_{n-2}^3 + a_{n-2}^3) - \frac{1}{6} P_{n-1} l_{n-1}^2 (2l_{n-2} + a_{n-2})$$

$$\varepsilon_{n-1} f_{n-1} = \frac{1}{6} P_{n-1} (2l_{n-1}^3 + a_{n-1}^3)$$

Soit n équations A.

B

$$\varepsilon_0 f'_0 = \frac{1}{6} P_0 l_1^2 (2l_0 + a_0) - \frac{1}{3} P_1 l_1^3$$

$$\varepsilon_1 f'_1 = \frac{1}{6} P_1 l_2^2 (2l_1 + a_1) - \frac{1}{3} P_2 l_2^3$$

. . . .

$$\varepsilon_{r-1} f'_{r-1} = \frac{1}{6} P_{r-1} l_r^2 (2l_{r-1} + a_{r-1}) - \frac{1}{3} P_r l_r^3$$

. . . .

$$\varepsilon_{n-3} f'_{n-3} = \frac{1}{6} P_{n-3} l_{n-3}^2 (2l_{n-3} + a_{n-3}) - \frac{1}{3} P_{n-2} l_{n-2}^3$$

$$\varepsilon_{n-2} f'_{n-2} = \frac{1}{6} P_{n-2} l_{n-2}^2 (2l_{n-2} + a_{n-2}) - \frac{1}{3} P_{n-1} l_{n-1}^3$$

Soit $n - 1$ équations B.

Une flèche quelconque f de la série (A) est égale à la flèche correspondante f' de la série B, ce qui fournit en ordonnant par rapport à P_r l'équation générale :

$$(\alpha)\ P_r(2l_r^3(I_{r-1}+I_r)+a_r^3 I_{r-1}=P_{r-1}l_r^2 I_r(2l_{r-1}+a_{r-1})+P_{r+1}l_{r+1}^2 I_{r-1}(2l_r+a_r).$$

On obtient par cette équation le groupe suivant pour les diverses valeurs de r

$$C \begin{cases} P_1[2l_1^3(I_0+I_1)+I_0a_1^3]=I_1P_0l_1^2(2l_0+a_0)+I_0P_2l_2^2(2l_1+a_1) \\ P_2[2l_2^3(I_1+I_2)+I_1a_2^3]=I_2P_1l_2^2(2l_1+a_1)+I_1P_3l_3^2(2l_2+a_2) \\ P_3[2l_3^3(I_2+I_3)+I_2a_3^3]=I_3P_2l_3^2(2l_2+a_2)+I_2P_4l_4^2(2l_3+a_3) \\ \cdots\cdots\cdots\cdots \\ P_r[2l_r^3(I_{r-1}+I_r)+I_{r-1}a_r^3]=I_rP_{r-1}l_r^2(2l_{r-1}+a_{r-1})+I_{r-1}P_{r+1}l_{r+1}^2(2l_r+a_r) \\ \cdots\cdots\cdots\cdots \\ P_{n-2}[2l_{n-2}^3(I_{n-3}+I_{n-2})+I_{n-3}a_{n-2}^3]=I_{n-2}P_{n-3}l_{n-2}^2(2l_{n-3}+a_{n-3}) \\ \qquad +I_{n-3}P_{n-1}l_{n-1}^2(2l_{n-2}+a_{n-2}) \\ P_{n-1}[2l_{n-1}^3(I_{n-2}+I_{n-1})+I_{n-2}a_{n-1}^3]=I_{n-1}P_{n-2}l_{n-1}^2(2l_{n-2}+a_{n-2}) \end{cases}$$

Ces équations de condition sont au nombre de $(n-1)$ comme les inconnues et elles permettent de calculer les tensions moléculaires d'un ressort composé d'un nombre quelconque de lames, de section différente et inégalement étagées. En partant de la dernière et en remontant la série on trouvera :

$$P_{n-2}=K_1P_{n-1}$$
$$P_{n-3}=K_2P_{n-2}$$
$$\cdots\cdots$$
$$P_r=K_{n-r-1}P_{n-1}$$
$$\cdots\cdots$$
$$P_0=K_{n-1}P_{n-1}.$$

Les calculs sont très-longs, mais les conditions pratiques apportent de grandes simplifications. En général toutes les feuilles ont la même section, de sorte que I est constant.

Il faut en excepter cependant les ressorts dont la maitresse-feuille est plus épaisse et dont le moment d'inertie $I_0 = \beta I$.

Depuis que les perfectionnements apportés à la fabrication ont permis de faire en acier cette première feuille, il est rare de rencontrer une différence d'épaisseur et nous ne nous arrêtons pas à cette exception (*).

Tous les I ont dès lors même valeur, et comme conséquence, les étagements successifs sont égaux, de sorte que $a_0 = a_2 = a$; a est aussi la demi-longueur de la dernière feuille $a = l_{n-1}$. L'expression générale (α) se réduit dans ces conditions à :

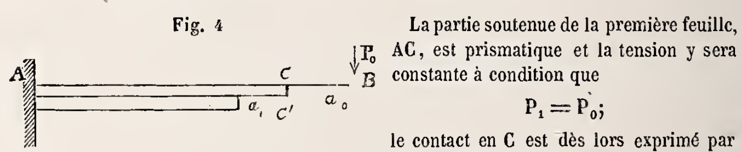
$$P_r(4l_r^3 + a^3) = P_{r-1}l_r^2(2l_{r-1} + a) + P_{r+1}l_{r+1}^2(2l_r + a)$$

ou encore

$$(5)\quad P_r[4(n-r)^3 + 1] = P_{r-1}(n-r)^2[2(n-r+1)+1] + P_{r+1}(n-r-1)^2[2(n-r)+1].$$

(*) Cette augmentation d'épaisseur de la maîtresse-feuille soulève un nouveau problème fort intéressant : celui de la disposition rationnelle du ressort dans cette hypothèse. Voici comment on peut le résoudre.

Fig. 4



La partie soutenue de la première feuille, AC, est prismatique et la tension y sera constante à condition que

$$P_1 = P_0;$$

le contact en C est dès lors exprimé par (première équation C)

$$2l_1^3(I_0 + I_1) + a_1^3 I_0 = I_1 l_1^2(2l_0 + a_0) + I_0 l_2^2(2l_1 + a_1),$$

car $P_2 = P_1$, vu que toutes les lames intermédiaires sont identiquement disposées.

En exprimant l_0 et l_2 en fonction l_1 cette équation devient

$$\frac{I_0}{I_1} = \frac{a_0}{a_1} = \frac{a_0}{a}.$$

D'un autre côté, la tension moléculaire ou son équivalent $\frac{M}{I}$ est respectivement sous les 2 lames $\frac{P_0 a_0}{I_0}$ et $\frac{P_1 a_1}{I_1}$, valeurs qui, égalées, reproduisent le même rapport :

$$\frac{I_0}{I_1} = \frac{a_0}{a}.$$

Moyennant ce rapport le ressort sera encore d'égale résistance.

Sans reproduire la série (C) nous voyons par la dernière équation, où $r = n - 1$ que

$$P_{n-1} = P_{n-2}.$$

En remontant la série on trouverait

$$P_{n-2} = P_{n-3}, \text{ etc.}$$

On peut *à priori* affirmer cette égalité ; car toutes les lames ayant même section, elles ne restent en contact que si le couple fléchissant est le même. Mais le bras de levier est invariable, donc la charge P_0 se transmet intégralement à tous les étages.

Toutes les réactions sont donc égales et le problème de la flexion est facile à résoudre.

L'expression générale de la flèche à l'extrémité

$$\varepsilon_0 f_0 = \frac{1}{6} P_0 (2l_0^3 + a_0^3) - \frac{1}{6} P_1 l_1^2 (2l_0 + a_0) \quad \text{(voir série A)}$$

devient, en y faisant

$$\varepsilon_0 = \varepsilon; \; P_0 = P_1 = \cdots P; \; l_0 = L; \; a_0 = a = \frac{L}{n}; \; l_1 = (n-1)a.$$

(6) . . . . $\varepsilon f_0 = \frac{1}{2} \frac{PL^3}{n}$

ou encore par

$$\varepsilon = EI = E\frac{bh^3}{12}.$$

(7) . . . . $f_0 = 6 \frac{PL^3}{nEbh^3}$ (*).

C'est à l'équation (7) que nous demanderons la valeur de la flèche.

(*) La maîtresse-feuille, à cause de la boucle extrême, n'est pas démaigrie sur la partie saillante et f_0 devrait de ce chef subir une correction qui, nous allons le voir, est inappré-

Résistance des ressorts.

La résistance du ressort est limitée par celle de ses éléments. Dans l'hypothèse admise chaque feuille est infléchie par le couple $Pa = P\frac{L}{n}$.

Il en résulte une tension moléculaire $T = P\frac{LV}{nT}$.

Si nous représentons par R le coefficient de résistance de l'acier, la charge pratique que le ressort pourra supporter sera

$$(8) \quad . . . . \quad P = nR\frac{bh^2}{6L}.$$

Les formules (7) et (8) servent de base aux tables que nous avons calculées. Les dimensions se mesurent et les charges P se donnent ou se calculent. Il ne reste plus à déterminer que R et E. Nous avons déduit le premier de l'étude d'un grand nombre de ressorts fonctionnant bien sous des charges connues, et le second fut le résultat d'expériences par flexion sur de bons ressorts dont nous avons mesuré directement la flèche.

---

ciable et ne peut fausser les mesures expérimentales. L'épaisseur étant, par hypothèse, la même pour toutes les lames, il résulte de ce qui précède que $a_0 = a$. Conservons aux lettres leur signification et reprenons les équations de la flexion

$$[AC] \quad . . . . . \quad \varepsilon\frac{d^2y}{dx^2} = P_0(l_0 - x) - P_1(l_1 - x) \text{ etc.}$$

Remontant à la valeur f_0 il vient

$$(6^{bis}) . . . . \quad \varepsilon f_0 \frac{P}{6}(2l_0^3 - 3l_0l_1^2 + l_1^3),$$

mais

$$l_0 = L \text{ et } l_1 = L - a = L\left(1 - \frac{1}{n}\right)$$

d'où

$$\varepsilon f_0 = \frac{PL^3}{6n}\left(3 - \frac{1}{n^2}\right)$$

$$\varepsilon f_0 = \frac{PL^3}{2n}\left(1 - \frac{1}{3n^2}\right).$$

C'est ainsi que nous avons fixé

R = 50 à 55 kil. par millimètre carré.
E = 20000 (Voir Annexe n° 1).

Cette valeur de R se rapporte à une charge statique. Les oscillations du châssis et de la caisse du wagon en marche occasionnent des tensions élastiques notablement plus élevées, probablement doubles et au delà ; elles ne sont heureusement que passagères, souvent même irréalisables grâce à la présence d'un arrêt, et le ressort qui supporte impunément un effort statique de 50 à 55 kil. par millimètre résiste aussi à ces effets dynamiques, l'expérience de tous les jours le prouve. Il est néanmoins très-utile de soumettre les ressorts à la pression de la presse à balancier et de constater ainsi leur résistance dynamique.

Les tables sont calculées avec un coefficient de 50 kil. Pour un acier très-dur, la résistance atteint 55 kil. et il suffirait de modifier les chiffres des tables de 10 p. %, puisque les éléments qui y entrent sont proportionnels à R (voir exemple V).

La même observation est applicable à E (voir Annexe n° 3, expérience V).

Conséquences des formules.

I. RÉSISTANCE. Toutes choses égales, la charge est proportionnelle au nombre de feuilles

$$P = n \times \frac{Rbh^2}{6L}.$$

Si donc on donne le poids que peut porter une feuille, il sera facile d'en déduire soit la capacité en charge d'un ressort donné, soit la composition du ressort pour une charge déterminée. Dans les tables nous avons porté la longueur totale 2L du ressort ainsi que la charge complète 2P qui le presse (*).

L'épaisseur totale d'un ressort étant donnée, il y a profit au

(*) Il n'est pas bon, au point de vue de la résistance, de réunir les feuilles par un rivet.

point de vue de la résistance à diminuer le nombre des lames. D'après la formule de résistance la charge limite résulte de

$$P = n\frac{Rbh^2}{6L}$$

et si ce même ressort est composé de n' lames

$$P' = n'\frac{Rbh'^2}{6L}$$

d'où

$$\frac{P}{P'} = \frac{nh^2}{n'h'^2}.$$

La hauteur totale restant la même

$$nh = n'h'$$

et

$$\frac{P}{P'} = \frac{h}{h'}.$$

La charge est encore proportionnelle à b. En pratique cet élément varie peu et nous l'avons constamment égalé à 75 millimètres, sans quoi il eût fallu une nouvelle série de tables pour chaque valeur de b. On passera, le cas échéant, d'une largeur b à une largeur b' en multipliant les valeurs calculées des tables par $\frac{b'}{b}$.

De même les charges limites de deux ressorts identiques de forme, mais de métal différent, seront dans le rapport de R : R'.

II. Dépressions.

$$f = \frac{6PL^3}{nEbh^3}.$$

La dépression est proportionnelle à la charge. — Elle augmente rapidement avec L. — Elle est inversement proportionnelle à la section du milieu nbh, à E, enfin à h^2. — Donc pour une section du milieu nbh constante, la dépression varie en sens inverse de h et rapidement. On obtiendra l'aplatissement produit dans un ressort de largeur b' en multipliant f par $\frac{b}{b'}$.

Disposition des tables.

Nous avons dressé une table spéciale pour chaque valeur de la corde 2L et nous avons fait varier celle-ci par 40 millimètres. Dans ces limites une interpolation simple fournira avec une très-grande approximation les éléments d'un ressort à corde intermédiaire.

Sur une ligne horizontale figurent les valeurs pratiques de h soit 9 . 10 . 11 . 12 . 13 millimètres et en dessous la charge que peut porter une feuille de ressort (*). Nous avons vu en effet que cet élément suffit pour déterminer la charge du ressort, connaissant le nombre de lames et réciproquement.

La seconde partie de chaque table se rapporte aux dépressions calculées en millimètres pour l'unité de charge que nous prenons égale à 1,000 kil. Ces dépressions sont proportionnelles au poids et le calcul sera toujours fait immédiatement. Les variables sont alors le nombre de feuilles et l'épaisseur de chacune (**).

Ces arguments sont disposés comme dans une table de multiplication.

Usage des tables.

Le problème des ressorts se présente sous des formes diverses. Tantôt le constructeur doit créer des types de véhicules entièrement nouveaux, tantôt on lui impose l'emploi de roues, de boîtes à l'huile, etc., de dimensions données. Nous donnons plus

---

(*) Pour évaluer les charges et les dépressions des ressorts d'épaisseurs intermédiaires ou supérieures à celles des tables, il suffit de se rappeler que P est proportionnel à h^2, et f_0 inversement proportionnel à h^3. (Voyez aux applications l'exemple VI.)

De même si le nombre de feuilles n' d'un ressort ne se trouve pas dans les tables, il suffit de multiplier la dépression correspondant au nombre n par $\frac{n}{n'}$. (Voir Annexe nº 3, essai XVI.)

(**) *Ibid.*

loin, sous forme d'applications, quelques-uns des cas les plus fréquents.

Examinons d'abord comment les données nécessaires à l'étude du ressort peuvent se déterminer à l'aide des tables.

La longueur du ressort résulte de données pratiques et n'est pas le résultat du calcul. Il est bon de donner une longueur de 1 mètre environ aux ressorts de wagons et $1^{m},500$ et plus aux ressorts de voitures.

La valeur de la corde indique à quelle table il faut recourir.

La charge à porter est aussi connue, soit par le devis du véhicule, soit par la ressemblance avec un véhicule dont le poids est connu, et de la table on déduit, immédiatement ou par une interpolation simple, les combinaisons admissibles. Celles-ci sont multiples, puisqu'une même résistance peut être obtenue par différentes combinaisons du nombre et de l'épaisseur des lames.

En général il y aura 5 solutions répondant aux 5 épaisseurs 9. 10. 11. 12. 13 millimètres. Toutes sont également bonnes contre la rupture et pour arrêter son choix il faut consulter les flèches. (Voir aux applications les exemples n^os I, III.)

La composition du ressort étant connue, il devient facile de déterminer :

1° *La dépression sous tare.* On nomme ainsi l'aplatissement du ressort sous le wagon vide. La table donne la flèche ou dépression (*) pour 1000 kil. On multipliera ce chiffre par la charge réelle exprimée en tonnes. (Voir aux applications exemples n^os I, III, IV.)

La dépression sous tare est importante à connaître pour fixer la flèche de fabrication du ressort. Dans le matériel roulant des chemins de fer, les tampons de choc doivent se correspondre et leur hauteur au-dessus du rail, quand le véhicule n'est pas chargé, est une donnée presque invariable ($1^{m},06$ en Belgique).

(*) L'abaissement produit par la charge peut s'appeler flèche ou dépression; nous emploierons dans la suite cette seconde dénomination. Le ressort recevant une certaine flèche à la fabrication, la charge lui fait éprouver une *perte de flèche*. Le mot dépression permet d'éviter toute confusion.

La première mise en charge, par exemple le premier essai d'un ressort, lui fait éprouver une déformation *permanente*, c'est-à-dire que la pression cessant, le ressort ne reprend pas tout à fait sa courbure de fabrication. La perte de flèche subie de ce chef peut varier de 0 à 2 ou 3 millimètres pour les ressorts de wagons, et de 0 à 5 millimètres pour les ressorts de voitures. Des déformations plus élevées mettraient en suspicion la bonne qualité du ressort. Aux essais suivants cette déformation ne se reproduit plus, quand l'acier est convenable.

En tenant compte de l'observation précédente, ainsi que des faits exposés page 5 à l'article *longueur;* si de plus on veut parer aux inconvénients qui résultent de l'usure des bandages, coussinets, articulations, etc., il est prudent de majorer de 10 millimètres la dépression sous tare; les résultats sont plus conformes aux faits observés;

2° *La dépression sous charge* se calcule de la même façon que la précédente, la charge seule s'est accrue. Les tables ne contiennent que des flèches statiques, tandis que pendant la marche les oscillations sont continuelles; mais la flexion est limitée comme nous allons le voir;

3° *La flèche de fabrication* résulte des dépressions qui se produisent à vide et sous charge. Le ressort repose par son étrier sur la boîte à graisse et sa courbure doit être telle que, sous tare, elle corresponde à la hauteur fixée pour les tampons; tandis que, sous charge, le ressort s'aplatit à peu près complétement.

Faut-il arrêter la flèche de fabrication d'après les effets dynamiques? On est porté à répondre par l'affirmative, puisque en réalité ces effets se produisent, mais on serait ainsi conduit à de trop grandes dépressions et l'on préfère limiter les oscillations dynamiques par un arrêt qui vient heurter le ressort dans sa dépression, en donnant à la flèche de fabrication statique un excédant de 20 à 35 millimètres seulement.

Cette disposition offre encore l'avantage de guider les ouvriers chargeurs dans les gares. Ceux-ci apprécient la pleine charge du wagon lorsque les ressorts sont presque droits ou lorsque l'arrêt de chargement est distant de 20 à 30 millimètres des feuilles.

L'emploi de cet arrêt ne serait plus possible avec les dépressions dynamiques, car sa présence s'opposerait à la production de ces dépressions (*).

Applications.

Quelques applications compléteront l'exposé général et montreront mieux encore l'utilité et la facilité des tables. Nous choisissons nos exemples parmi les ressorts que nous avons soumis à pression pour évaluer E.

Exemple I. — Proposons-nous de chercher un ressort de 720 millimètres de corde destiné à un wagon de 10 tonnes et de 5,700 kil. de tare, la dépression sous tare devant être de 8 à 10 millimètres.

Le wagon vide pèse	5700 kil.	
Déduisons pour les trains et les boîtes à huile.	1800 »	
Reste. . . .		3900 kil.
Charge		10000 »
Poids total agissant sur les ressorts		13900 kil.
Ou, par ressort.	3475 kil.	

Les tables donnent pour valeurs de 2P

Épaisseur de lame. .	9	10	11	12	13
Corde 700	289	357	431	514	603
» 740	273	338	408	486	571

On déduit de là

Corde 720	281	347.5	419.5	500	587

Divisant 3475 par ces 5 nombres, il vient en chiffres ronds :

12 10 9 7 6

(*) Il y a ici surabondance de données, et c'est en fixant judicieusement l'épaisseur et le nombre des lames qu'on pourra satisfaire à la double condition d'obtenir des dépressions déterminées sous tare et sous charge. (Voir aux applications exemple III.)

Les dépressions fournies par les tables dans chacun de ces cas sont :

Corde 740	11.6	10.1	8.5	8.3	7.7
» 700	9.8	8.6	7.2	7.1	6.5

de là :

Corde 720	10.7	9.35	7.85	7.7	7.1

Multipliant ces chiffres par $\frac{3.900}{4} = 0.950$ il vient, pour dépression sous tare

10.1 8.88 7.5 7.3 6.7

Les deux premières combinaisons, 12 feuilles de 9 millimètres et 10 feuilles de 10 millimètres satisfont à la question. La flexion est trop faible avec les autres solutions. Les dépressions sous charge seront

37.2 32.5 27.3 26.7 24.7

de sorte que la flèche de fabrication serait, en ajoutant 30 millimètres à ces chiffres

68 63 58 57 55

Ces chiffres supposent que la flèche est prise à l'intérieur de la boucle du ressort. Plus souvent on la mesure à l'extérieur, auquel cas il faut ajouter aux nombres trouvés le diamètre de la boucle, qui varie de 35 à 45 millimètres, suivant les types et l'épaisseur des feuilles, soit une moyenne de 40. On dira que le ressort a une flèche de :

108 103 98 97 95

Le choix dépendra du diamètre des roues, de la hauteur de la boîte, de la hauteur des buttoirs au-dessus des rails; mais toutes les données diverses que l'on obtient à l'aide des tables permet-

tent de combiner le plus avantageusement et le plus logiquement l'épure de la suspension (*).

Exemple II. Soit un ressort devant supporter 43 quintaux ou 2,150 kil.

L'épaisseur des feuilles doit être 13 millimètres, leur largeur 76 millimètres, la corde du ressort 1187; combien faut-il de feuilles?

La table nous donne pour l'épaisseur 13 millimètres :

Corde 1180. . . .	358 kil. = 2P	
» 1220. . . .	346 » = 2P	
Différence. .	12 kil., soit pour la corde	1187

$$2P = 346 + 12 \times \frac{33}{40} = 355.9$$

Mais la largeur donnée étant 76, nous devons multiplier ce nombre par $\frac{76}{75}$.

$$355.9 \times \frac{76}{75} = 360.9$$

$$\frac{2150}{360.9} = 5.96, \text{ soit 6 feuilles.}$$

La dépression sous la charge donnée se trouve aisément.

Par les tables on voit que, à la

corde 1220 correspond une dépression de	34.2
» 1180 » »	31.1
d'où, pour la corde 1187, la dépression .	31.6
et pour la largeur 76, $31.6 \times \frac{75}{76}$ = . .	31.2

Sous la charge 2,150 kilogrammes, le ressort s'aplatira donc de $31.2 \times 2.15 = 67.1$ (**).

(*) Le ressort de 10 feuilles de 75 × 12 pour 720 de corde est employé pour les wagons de 10 tonnes du Grand Central belge. La flèche de fabrication à l'extérieur de la boucle est de 112 millimètres.

(**) Ressort pour wagons fermés à marchandises de 5 tonnes de l'État saxon et de la ligne de Chemnitz-Aue-Adorf (Saxe).

Exemple III. On demande pour un wagon de 10 tonnes et taré à 6,250 kil., un ressort de $1^m,050$ de corde.

Déduisant 1,800 kil. pour les trams et les boîtes à huile, il reste une charge totale de 14450, ou par ressort 3612.

Nous extrayons des tables :

Épaisseur des lames. .	9	10	11	12	13
Corde 1020	197	244	295	351	412
» 1060	191	236	285	339	398

De là on tire par interpolation :

Corde 1050	192.5	238	187.5	342	402.5

Divisant 3612 par ces 5 nombres, il vient en chiffres ronds :

19 15 12 10 9 (*)

Les deux premiers nombres sont trop élevés, les trois autres sont admissibles.

Les dépressions correspondantes tirées des tables comme ci-dessus, sont :

18.1 13.9 11.0

Multipliant ces nombres successivement par $\frac{4.45}{4}$ et $\frac{14.45}{4}$, nous obtenons les dépressions sous tare

20 15.4 12.2

et sous charge

67.4 50.2 39.8

La flèche de fabrication à l'intérieur de la boucle sera, en majorant ces chiffres, de 30 millimètres,

100 80 70

ou à l'extérieur de la boucle (celle-ci ayant 43 millimètres de diamètre),

143 123 113

(*) Le ressort de 9 feuilles de 75 × 13 et 1050 de corde est employé pour les wagons de 10 tonnes de la ligne de Séville à Merida La flèche de fabrication est 120 à 125 (extérieur de la boucle).

Prenons la dernière combinaison : 9 feuilles de 13 millimètres et une flèche de fabrication de 113 millimètres. La hauteur des buttoirs demandée est 1^{m},05 dans le cas présent, les roues ont 1^{m},00 de diamètre et du centre de la roue jusque sous le ressort, nous mesurons sur la boîte à graisse 165 millimètres. (Cette dimension varie évidemment suivant le type de boîte employé.) Comptons de l'extérieur de la menotte au longeron 45 millimètres quand le wagon est vide. Donnons au longeron une hauteur de 250 millimètres. De ces données on déduit :

Du centre du tampon au bord inférieur du longeron $\frac{250}{2}$ =	125
Pour la menotte	45
Entre le ressort et l'essieu.	165
Épaisseur du ressort 9 × 13	117
Entre le rail et l'essieu	500
Ensemble.	952

La diffécencer 1050 — 952 = 98 avec la hauteur exigée pour le tampon doit être rachetée par la courbure du ressort sous tare. En d'autres termes, il faut que, sous le wagon vide, la flèche du ressort à l'extérieur de la boucle soit 98.

Mais la dépression sous tare est de 12 millimètres. Si nous ajoutons, comme nous l'avons expliqué plus haut, 10 millimètres pour l'usure afin d'atteindre la hauteur de 1^{m},05, non pas dans les wagons neufs, mais dans la moyenne des wagons en service, nous trouvons pour flèche de fabrication :

$$98 + 12 + 10 = 120$$

L'étude de la disposition générale de la suspension nous a donc amené à majorer le chiffre trouvé précédemment. C'est à ce travail que fait allusion la note de la page 20.

En adoptant la flèche 125, la flèche sous charge devient

$$120 - 39.8 = 80.2$$

dans un véhicule neuf.

Exemple IV. On demande pour une voiture à voyageurs de 3e classe un ressort de 1665 de corde formé de feuilles de 75 × 12. D'après la table :

Corde 1660.	216	kil. = 2P
» 1700.	211	» = 2P
D'où, 1665.	215.5	» = 2P

La voiture pèse, sans les trains, etc.	5000 kil.
50 voyageurs à 70 kil.	3500 »
Total. . . .	8500 kil.

Soit 2125 par ressort.

$\frac{2125}{215.5}$ = 10 en chiffres ronds, soit 10 feuilles (*).

La dépression fournie par les tables sera 66.7. Multipliant ce nombre par 1.250 et 2,125, on trouve :

Sous le véhicule vide, dépression . . .	83.4
» chargé, » . . .	141.7

On règle comme ci-dessus la flèche de fabrication en vue de maintenir la hauteur des buttoirs. Remarquons à ce sujet que la hauteur normale de l'axe des buttoirs étant donnée (ordinairement de 1.04 à 1.06), on admet un écart de 0.025 au-dessus de cette hauteur pour les wagons vides, et un écart de 0.100 environ en dessous pour les wagons chargés. Il n'en faut pas conclure que l'on puisse permettre au ressort de s'abaisser de 125 millimètres sous l'action de la charge utile de 10 tonnes; l'excédant de 0.025 a pour objet de corriger la détérioration possible des buttoirs, par suite de laquelle les plongeurs ou pistons prennent de l'obliquité dans les boîtes de choc.

Exemple V. Même question qu'à l'exemple IV pour une corde de 1550.

La table fournit pour une feuille 231,5 = 2P.

$\frac{2125}{231.5}$ = 9 en chiffres ronds.

(*) Ressort de 10 feuilles de 75 × 12, corde 1665, employé pour wagons de 3e classe sur les lignes du Grand Central belge. Sa flèche de fabrication est 215 à 220 (extérieur de la boucle).

Supposons un acier dur pouvant travailler à 55 kil. au lieu de 50; la charge fournie par la table sera majorée de 10 p. °/₀ et chaque feuille pourra porter

$$231.5 + 23.1 = 254.6$$

de sorte que le ressort sera composé de

$$\frac{2125}{254.6} = 8, \text{ soit 8 feuilles (*)}.$$

Exemple VI. Quelle charge peut supporter un ressort de 1.050 de corde composé de 8 feuilles de 90 × 13.5 (**)?

La table indique pour 1 feuille de 75 × 13 et 1.050 de corde, une charge de 401 kil.5. En nous reportant à la formule (8) nous obtiendrons pour la feuille de 90 × 13.5 une charge

$$2P' = \frac{401.5 \times \overline{13.5}^2 \times 90}{\overline{13}^2 \times 75} = 519.5$$

et pour les 8 feuilles 4156 kil.

Quelle est la dépression de ce ressort sous une charge de 4000 kil.?

La table fournit pour 8 feuilles de 75 × 13, corde $1^m,050$, 16.5 millimètres °/₀₀ kil. Pour passer de là au ressort en question, nous écrivons d'après la formule des dépressions (7)

$$f = \frac{16.5 \times \overline{13}^3 \times 75}{\overline{13.5}^3 \times 90} = 12.3$$

et pour 4000 kil. $f = 49.2$ (l'essai a donné une moyenne de 52, voir l'expérience n° XII).

(*) Ressort de l'État belge. Ces ressorts travaillent en général à plus de 50 k. soit de 52 à 56. Les valeurs de 2P inscrites dans la table seront majorées de 10 °/₀. Exemple : wagon de 10 tonnes 5,700 k. de tare ou, en déduisant 1,800 k. pour les trains, 3,475 k. par ressort. Corde du ressort $1^m,00$; feuilles 75 × 12 millimètres.

La table donne 359. . . . . 359 + 36 = 395

$\frac{3475}{395} = 9$. . . . . 9 feuilles (chiffre employé).

(**) Ressort pour la Russie, fabriqué aux aciéries de Ruhrort.

ANNEXE N° 1.

DISCUSSION DE LA VALEUR DE E TIRÉE DES EXPÉRIENCES.

Les expériences dont nous donnons plus loin un extrait ont été faites à l'aide de la presse à vis. Dans cet appareil la pression exercée par la vis s'évalue à l'aide d'une romaine graduée actionnée par un jeu de leviers. Le ressort se place de champ sur la table de la machine et la pression agit en son milieu, les boucles du ressort appuyant contre un rebord qui fait mouvoir les leviers de la romaine. Il résulte de cette disposition que les dépressions observées sont un peu trop faibles, surtout pour les ressorts courts et les fortes pressions, à cause du frottement des boucles. En service, au contraire, la menotte d'attache laisse au ressort toute liberté.

La flèche à l'extérieur de la boucle se mesure facilement en appliquant une équerre perpendiculairement au rebord de la table et en mesurant le long de la tranche de l'équerre la distance du rebord à la première lame. Les différences entre les flèches successives donnent les dépressions.

Nous avons considéré les dépressions dans les limites de 0 à 4000 et 4500 kil. pour les wagons et de 0 à 3000 pour les voitures. Ce sont les limites entre lesquelles les résultats des observations sont le mieux comparables.

Les dépressions varient légèrement d'un échantillon à l'autre d'un même type : il faut de ce chef admettre une tolérance en plus ou en moins de $^1/_{25}$ des quantités mesurées.

Parmi les essais relatés ci-après nous choisissons huit ressorts qui marquent le mieux la moyenne des résultats obtenus et qui en même temps sont de bonne qualité et de bonne fabrication, comme le montre la proportionnalité des charges et des dépressions.

La formule de la flèche que nous avons démontrée et adoptée est

$$f_0 = \frac{6PL^3}{nEbh^3}$$

d'où

$$E = \frac{6PL^3}{nbh^3}$$

Les flèches ont été mesurées à chaque majoration de 500, quelquefois de 1000 kil. dans la pression ; les chiffres ont été ramenés chaque fois à la charge de 1000 kil. choisie comme unité et c'est la moyenne de ces valeurs que nous avons adoptée, dans chaque expérience, pour *dépression moyenne.*

Cette quantité introduite dans la formule ci-dessus en place de f_0 a permis de chiffrer la valeur de E.

L'essai, du reste, a été répété sur les ressorts qui ont perdu de leur flèche au premier essai, afin d'écarter les flèches permanentes des observations.

Nos des expériences.	DEMI-CORDE. L	DEMI-CHARGE. P	NOMBRE de feuilles. n	LARGEUR. b	ÉPAISSEUR. h	DÉPRESSION moyenne. f_0	VALEUR de E.	Provenance de l'acier.
1	360	500	10	75	10	10.4	17940	Brown Bayley, Sheffield.
2	525	500	9	75	13	13.6	21524	Cammel and Son, id.
3	832.5	500	10	75	12	66.1	20205	Brown Bayley, id.
4	732.5	500	13	75	12	38.6	18176	Id. id.
5	517.5	500	7	76	13	16.7	21307	Krupp, à Essen.
6	500	500	9	75	12	14.7	22028	Cammel and Son, Sheffield.
7	525	500	8	90	13.5	13.5	18257	Aciéries de Ruhrort.
8	450	500	8	75	10.6	18 8	20348	Petin et Gaudet (Rive-de-Gier).

Ce tableau conduit, par le coefficient d'élasticité E, à une moyenne générale de 19973, soit 20000 (*).

(*) La valeur expérimentale de E déduite de la *flexion* est trop faible pour la *dilatation.* Ces formules pratiques de la flexion négligent le glissement transversal, de sorte que la flèche mesurée directement n'est pas produite entièrement par la rotation seule des sections; en réalité l'expression f_0 est remplacée par une valeur trop grande et par conséquent on obtient pour E un chiffre trop faible.

ANNEXE N° 2.

VALEUR DE R.

Nous avons dit que la valeur de R était le résultat de nombreuses observations faites sur de bons ressorts. Il est intéressant néanmoins de rechercher à quel taux travaillaient les ressorts précédents dans les épreuves qu'ils ont subies.

La tension élastique est exprimée par

$$T = \frac{6PL}{nbh^2}.$$

Mettant pour P les pressions qui ont amené l'aplatissement des ressorts, nous avons obtenu les tensions du tableau suivant :

N^os des expériences.	DEMI-CORDE. L	DEMI-CHARGE maxima. Pmax.	NOMBRE de feuilles. n	LARGEUR. b	ÉPAISSEUR. h	TENSION élastique. T	PERTE DE FLÈCHE. 1er essai.	PERTE DE FLÈCHE. 2e essai.	Observations.
1	360	3500	10	75	10	100.8	mm. 0	—	Sous cette charge le ressort est plat.
2	525	2750	9	75	13	72.6	0	—	est presque plat.
3	822.5	1350	10	75	12	62.4	0	—	est plat.
4	732.5	1850	13	75	12	93.1	0	—	est plat.
5	517.5	3000	7	76	13	103.6	2 (à 3250 k.)	0 (à 3000 k.)	est presque plat.
6	500	3000	9	75	12	92.6	0	—	est plat.
7	525	3500	8	90	13.5	97.7	0	—	est presque plat.
8	450	2000	8	10.6	10.6	80.1	1/2	0	est plat.

La moyenne des tensions élastiques est donc 87.7, et en prenant R = 50 à 55 kil. le coefficient de sécurité serait de 1.60 à 1.76, en admettant, ce qui n'est pas, que la limite élastique ait été atteinte pour tous les essais.

Remarquons que, sous les charges P inscrites dans ce tableau les ressorts n'ont rien perdu de leur flèche, du moins au second essai, et que, pour quelques-uns d'entre eux ces charges eussent pu être augmentées sans altérer l'élasticité; mais leur courbure initiale assez faible disparaissait trop vite et l'aplatissement, dans la machine employée, limitait évidemment l'observation.

ANNEXE N° 3.

EXTRAIT DES EXPÉRIENCES.

NB. L'astérisque marque les essais choisis pour déterminer E.

(**Toutes les flèches sont mesurées à l'extérieur des boucles. Les charges sont évaluées en kil., les flèches et les dépressions en mm**).

I. — *Ressort pour wagon de 10 tonnes du Grand Central belge.*

Corde 2 L = 720 millimètres; 10 feuilles de 75 × 10mm. Nous donnons l'essai de trois aciers différents :

N° 1. Ressort fabriqué à l'atelier central de Louvain (acier Brown-Bayley, Sheffield).
N° 2. — — par A. Leroy et Cie (acier Cammel and Son, Sheffield).
N° 3. — — à Louvain (acier Martin, des usines de Sclessin, Belgique).

CHARGES. 2P	FLÈCHES.			DÉPRESSIONS OBSERVÉES.			DÉPRESSIONS calculées.	Observations.
	N° 1. *	N° 2.	N° 3.	N° 1.	N° 2.	N° 3.		
Avant essai. 0	112	112	112	—	—	—	—	
1000	—	—	—	—	—	—	9.5	
1500	95	93	99	17	19	13	14.2	
2000	91	90	94	21	22	18	19	
3000	81	78	84	32	34	28	28.5	
4000	73	71	75	39	41	37	38 (1)	(1) Chiffre admis par l'administration avec une tolérance de 2mm en plus ou en moins.
5000	63	61	65	49	51	47	47.5	
6000	54	49	58	58	63	54	57	
6500	—	43	54	—	69	58	61.7	
7000	43	—	50	69	—	62	66.5	
0 Après essai.	102	112	112	0	0	0	—	

* II. — *Ressort pour wagons de 10 tonnes (ligne de Merida à Séville).*

Corde 1050; 9 feuilles de 75 × 13. (A. Leroy et Cie.)

CHARGES. 2P	FLÈCHES.	DÉPRESSIONS observées.	DÉPRESSIONS calculées.	Observations.
0	125	—	—	La maison A. Leroy et Cie de Bruxelles ne produit pas d'acier, mais fabrique des ressorts avec de l'acier de Cammel and Son, à Sheffield, des aciéries de Ruhrort, etc. L'éloge de cette maison n'est plus à faire.
1000	—	—	14.5	
1500	105	20	22	
2000	99	26	29	
2500	87	38	37	
3000	80	45	44	
3500	76	49	51	
4000	71	54	58	
4500	65	60	65	
5000	57	68	73	
5500	51	74	80	Non aplati.
0 Après essai.	125	0	—	Perte de flèche.

* III. — *Ressort de voiture de 3me classe du Grand Central belge.*

Corde 1665; 10 feuilles de 75 × 12. (Atelier de Louvain, acier Brown.)

CHARGES. 2P	FLÈCHES.	DÉPRESSIONS eoor-observ.	DÉPRESSIONS calculées.	Observations.
0	219	—	—	
1000	—	—	66.7	
1500	122	97	100	
2000	87	132	(1)133.4	(1) 136mm est la moyenne admise par l'administration pour une charge de 2000 kil. avec une tolérance de 6mm en plus ou en moins.
2500	50	169	168	
2700	42	177	181	Aplati.
0 Après essai.	219	0	—	Perte de flèche 0.

IV. — *Ressort du chemin de fer du Grand Central belge pour wagons de 7 tonnes.*

Corde 1090; 6 feuilles de 78 × 13. (Atelier de Louvain, acier Brown.)

CHARGES. 2P	FLÈCHES.	DÉPRESSIONS observées.	DÉPRESSIONS calculées.	Observations.
0	140	—	—	
1000	—	—	24.2	
1500	104	36	36.3	
2000	95	45	48.4	
2500	82	58	60.5	
3000	69	71	72.6	
3500	61	79	84.7	
4000	47	93	96.8	
4500	43	97	99.2	Aplati.
0 Après essai.	137	3	—	Perte de flèche, 3mm.
0 2me essai.	137	0	—	

* V. — *Ressort de voiture du Grand Central belge.*

Corde 1465; 13 feuilles 75 × 12. (Acier Brown.)

CHARGES. 2P	FLÈCHES.	DÉPRESSIONS observées.	DÉPRESSIONS calculées.	Observations.
0	172	—	—	De 0 à 3000 kil. le ressort s'aplatit régulièrement de 38mm,6 par 1000 en moyenne. Le calcul donne 35.2. L'acier de ce ressort est donc plus flexible que l'acier pris pour type dans les calculs des tables. Il suffirait, pour apprécier très-exactement les dépressions d'un autre type de ressort fait du même acier, de multiplier les résultats fournis par ce ressort par $\frac{386}{352}$ ou $\frac{8}{7}$ environ.
1000	—	—	35.2	
1500	115	57	52	
2000	95	77	70.4	
2500	75	97	88	
3000	55	117	105.6	
3500	45	127	123.2	
3700	39	133	130.6	Aplati.
0 Après essai.	172	0	—	Perte de flèche, 0.

VI. — *Ressort de voiture du Grand Central belge.*

Corde 1465; 13 feuilles de 90 × 12. (Acier Brown.)

CHARGES. 2P	FLÈCHES.	DÉPRESSIONS observées.	DÉPRESSIONS calculées.	**Observations.**
0	150	—	—	Ce type n'a pas été adopté. Il est un peu raide,
1000	—	—	29.2	
1500	108	42	43.8	
2000	94	56	58.4	
2500	80	70	73	
3000	65	85	71.6	
3500	58	93	102	
4200	41	109	122	Plat.
0 Après essai.	150	0	—	Perte, 0.

* VII. — *Ressort de la ligne Chemnitz-Aue-Adorf.*

Corde 1035; 7 feuilles 76 × 13. (Krupp-Essen.)

CHARGES. 2P	FLÈCHES.	DÉPRESSIONS observées.	DÉPRESSIONS calculées.	**Observations.**
0	160	—	—	
1000	—	—	17.6	
1500	135	25	26.4	
2000	126	34	35.2	
2500	117	43	44.0	
3000	108	52	52.8	
3500	103	57	61.6	
4000	96	64	70.4	
4500	87	73	79.2	
5000	79	81	88.0	
5500	67	93	96.8	
6000	61	99	105.6	
6500	52	108	113.4	Non aplati.
0 Après essai.	158	2	—	Perte, 2mm. Au 2e essai, à 6000 k., perte 0,

VIII. — *Ressort pour wagon fermé à marchandises, de 7 tonnes, ligne de Chemnitz-Aue-Adorf.*

Corde 1187 ; 6 feuilles de 76 × 13. (Krupp-Essen.)

CHARGES. 2P	FLÈCHES.	DÉPRESSIONS observées.	DÉPRESSIONS calculées.	Observations.
0	166	—	—	
1000	—	—	51	
1500	125	41	46	
2000	110	56	62	
2500	95	71	78	
3000	76	90	93	
3500	65	101	109	
4000	51	109	124	Non aplati.
0 Après essai.	166	0	—	Perte, 0.

* IX. — *Ressort de l'État belge pour wagons de 10 tonnes.*

Corde 1m,000; 9 feuilles de 75 × 12. (A. Leroy et Cie.)

CHARGES. 2P	FLÈCHES.	DÉPRESSIONS observées.	DÉPRESSIONS calculées.	Observations.
0	126	—	—	Ce ressort s'abaisse très-régulièrement; bonne qualité. Ces ressorts, fabriqués en Belgique avec de l'acier anglais, sont souvent meilleurs que ceux fabriqués en Angleterre. Ces derniers ne sont pas toujours bien trempés.
1000	—	—	16	
1500	104	22	24	
2000	96	30	32	
2500	88	38	40	
3000	80	46	48	
3500	75	51	56	
4000	68	58	64	
4500	60	66	72	
5000	53	73	80	
5500	47	79	88	
6000	40	86	96	Aplati.
0 Après essai.	126	0	—	Perte, 0.

X. — *Ressort de l'État belge pour voitures.*

Corde 1550; 8 feuilles de 75×12. (A. Leroy et Cie.)

CHARGES. 2P	FLÈCHES.	DÉPRESSIONS observées.	DÉPRESSIONS calculées.	Observations.
0	211	—	—	
1000	—	—	67.4	
1500	103	108	101.1	
2000	65	146	134.8	
2200	51	160	148 3	
2500	43	168	168.5	Aplati.
0 Après essai.	211	0	—	Perte, 0.

XI. — *Ressort pour wagons en fer de 10 tonnes des chemins de fer d'Alsace-Lorraine et des wagons type* A. D. *de la ligne de Valparaiso à Santiago* (Chili).

Corde 1m,070; 8 feuilles de 90×13. (A. Leroy et Cie.)

CHARGES. 2P	FLÈCHES.	DÉPRESSIONS observées.	DÉPRESSIONS calculées.	Observations.
0	156	—	—	
1000	—	—	14.6	
1500	131	25	21.9	
2000	127	29	29.2	
2500	117	39	36.5	
3000	110	46	43.8	
3500	105	51	51.1	
4000	96	60	58.4	
4500	86.5	69.5	65.7	
5000	79.5	76.5	73.0	
5500	73	83	80.3	
6000	64	92	87.6	
6500	55	101	94.9	
0 Après essai.	156	0	—	Perte de flèche nulle.

* XII. — *Ressorts pour la Russie fabriqués aux aciéries de Ruhrort.*

Corde 1m,050; 8 feuilles de 90 × 13.5.

CHARGES. 2P	FLÈCHES.		DÉPRESSIONS correspondantes.		DÉPRESSIONS calculées.	Observations.
	N° 1.	N° 2.	N° 1.	N° 2.		
0	157	158	—	—	—	Nous donnons les essais de deux ressorts semblables pour permettre de juger des différences qui s'observent d'un échantillon à un autre. Elles sont parfois plus fortes que ci-contre. Ce ressort s'abaisse très-régulièrement. C'est une preuve de bonne qualité.
1000	—	—	—	—	12.3	
1500	136	135.5	21	22.5	18.5	
2500	121	123	36	35	30.8	
3500	113	112	44	46	43.1	
4500	100	99	57	59	56.4	
5500	87	85	70	73	67.7	
6500	73	70	84	88	80	
7000	57	65	90	93	86.1	Presque plat : la boucle a 59mm de diamètre extérieur.
0 Après essai.	157	158	0	0	—	Perte de flèche, nulle.

XIII. — *Ressort de tender du Grand Central belge.*

Corde 875; 13 feuilles de 90 × 11. (A. Leroy et Cie.)

CHARGES. 2P	FLÈCHES.	DÉPRESSIONS		Observations.
		observées.	calculées.	
0	103	—	—	Les ressorts de tender sont plus difficiles à essayer. Ils sont ordinairement très-résistants, peu cintrés et les pertes de flèche par 1000 kil. peu appréciables. Il en est de même pour les ressorts de locomotive.
1000	—	—	8	
1500	90	13	12	
2000	88	15	16	
3000	79	24	24	
4000	74	29	32	
5000	65	38	40	
6000	58	45	48	
7000	49	54	56	

XIV. — *Ressort* (de traction) *de la ligne Don Pedro II au Brésil.*

Corde 1690; 12 feuilles de 75 × 12.

Devant s'aplatir sous la charge de 4000 kilos environ. (Fournisseur Brown.)

CHARGES.	FLÈCHES.	DÉPRESSIONS observées.	DÉPRESSIONS calculées.	Observations.
0	260	—	—	Moyenne de cinq essais. L'acier est un peu plus raide que celui pris pour type; rapport de 51 à 58. Néanmoins la différence de 20^{mm} à 4000 est faible pour de si grandes dimensions. Remarquons aussi que l'extrémité des feuilles n'est pas triangulaire.
1000	—	—	58	
2000	163	97	116	
3000	105	155	174	
4000	48	212	232	
0	258	2	—	

* XV. — *Ressort de wagon de 8 tonnes pour la République Sud-Africaine.*

Corde 900; 8 feuilles de 75 × 10.6.

(Usines de Rive-de-Gier, Petin et Gaudet fournisseurs.)

CHARGES.	FLÈCHES.	DÉPRESSIONS observées.	DÉPRESSIONS calculées.	Observations.
0	106	—	—	La table donne pour corde 900, 8 feuilles 75 × 10. $22{,}8\ ^{0}/_{00} - \frac{22\,8 \times \overline{10}^3}{\overline{10.6}^3} = 19.1.$ Nous donnons la moyenne de quatre essais. Les différences sont faibles d'un échantillon à l'autre : 2 à 3^{mm} au-dessus ou au-dessous de la moyenne. Abaissements très-réguliers. Au premier essai, deux ressorts ont perdu $^1/_2{}^{mm}$. Ces ressorts n'ont plus rien perdu au second essai. L'acier est de très-bonne qualité.
1000	—	—	19.1	
1500	77	29	28.6	
2000	69	37	38.2	
2500	59	47	47.8	
3000	49.5	56.5	57.3	
4000	35	71	76.4	
Après essai.	106 et 105 5	0 et $^1/_2$	—	
Apr. 2ᵉ essai.	Idem.	0	—	

XVI. — *Ressort de locomotive du Grand Central belge.*

Corde 825; 17 feuilles, dont 1 de 12 et 16 de 10 sur 100 mm.

CHARGES. 2P	FLÈCHES.	DÉPRESSIONS observées.	DÉPRESSIONS calculées.	Observations.
0	84	—	—	La table donne pour 10 feuilles de 75 × 10 et 825 de corde, 14^{mm} °/₀₀. Par la formule on trouve : $f_0 \frac{14 \times 75 \times 10}{100 \times 17} = 6{,}2$. Notez l'influence faible de la maîtresse-feuille.
1000	—	—	6.2	
1500	74	10	9.3	
2000	70	14	12.4	
3000	63	21	18.6	
4000	59	25	24.8	
5000	50	34	31.0	
6000	42	42	37.2	
7000	36	48	43.4	
0	84	0	—	Perte, 0. Non aplati.

XVII. — *Ressort pour wagon de 15 tonnes du Grand Central belge.*

Corde 700; 10 feuilles de 75 × 10 et 1 de 12. (Krupp à Essen.)

CHARGES.	FLÈCHES.	DÉPRESSIONS observées.	DÉPRESSIONS calculées.	Observations.
0	127	—	—	L'acier de ce ressort est dur. Tenons compte pourtant du frottement pour un ressort si court, et aussi de l'existence d'une maîtresse feuille plus épaisse que les autres feuilles du ressort. Ces deux faits tendent à diminuer les dépressions.
1000	—	—	—	
1500	118	9	11.7	
2000	113	14	15.6	
3000	104	23	23.4	
4000	99	28	31.2	
5000	94	33	39.0	
6000	87	40	46.8	
7000	80	47	54.6	
0	127	0	—	Perte, 0. Non aplati.

XVIII. — *Ressort pour wagons fermés de 10 tonnes, ligne de Hasselt-Maeseyck (Belgique).*

Corde 820; 9 feuilles de 75 × 12. (A. Leroy et Cie.)

CHARGES.	FLÈCHES.	DÉPRESSIONS		**Observations.**
		observées.	calculées.	
0	111	—	—	Ressort dit « à crapauds ou à sellettes » (sans menottes). Il s'aplatit très-régulièrement.
1000	—	—	8.9	
1500	98	13	12.4	
2000	93	18	17.8	
2500	88	23	22.3	
3000	83	28	26.7	
3500	80	30	31.2	
4000	75	36	35.6	
4500	70	40	40.0	
5000	65	46	44.5	
5500	61	50	49.0	
6000	55	56	53.4	
6500	50	61	57.8	Non aplati.
0	111	0	—	Perte, 0.

XIX. — *Ressort pour wagons fermés de 10 tonnes, Nord-Francais.*

Corde 1m,000; 9 feuilles de 75 × 12. (A. Leroy et Cie.)

CHARGES. 2P	FLÈCHES.	DÉPRESSIONS		**Observations.**
		observées.	calculées.	
0	90	—	—	Ressort à sellettes.
1000	—	—	16.05	
1500	62	28	24.1	
2000	54	36	32.1	
2500	44	46	40.1	
3000	35	55	48.2	
3500	30	60	56.2	
4000	22	68	64.2	A peu près plat.
0	90	0	—	Perte de flèche, 0

TABLES.

LÉGENDE.

2L Corde. *h* Épaisseur des feuilles.
2P Charge d'une feuille. *n* Nombre de feuilles.

2L = 700					
h =	9	10	11	12	13
2P =	289	357	431	514	603
n	Dépressions en mm. sous une charge de 1000 kil.				
5	23,5	17,1	12,9	9,9	7,8
6	19,6	14,3	10,7	8,2	6,5
7	16,8	12,2	9,1	7,1	5,6
8	14,7	10,7	8,0	6,2	4,9
9	13,1	9,5	7,2	5,5	4,4
10	11,7	8,6	6,5	5,0	3,9
11	10,7	7,8	5,8	4,5	3,5
12	9,8	7,1	5,4	4,1	3,2

2L = 780					
h =	9	10	11	12	13
2P =	259	320	387	460	540
n	Dépressions en mm sous une charge de 1000 kil.				
5	32,5	23,7	17,8	13,7	10,8
6	27,1	19,7	14,8	11,4	9,0
7	23,2	16,9	12,7	9,8	7,7
8	20,3	14,8	11,1	8,6	6,7
9	18,1	13,2	9,9	7,6	6,0
10	16,3	11,9	8,9	6,8	5,4
11	14,8	10,8	8,1	6,2	4,9
12	13,5	9,9	7,4	5,7	4,5

2L = 740					
h =	9	10	11	12	13
2P =	273	338	408	486	571
n	Dépressions en mm. sous une charge de 1000 kil.				
5	27,8	20,3	15,2	11,7	9,2
6	23,1	16,9	12,7	9,7	7,7
7	19,9	14,8	10,9	8,3	6,6
8	17,4	12,4	9,5	7,3	5,8
9	15,4	11,2	8,5	6,5	5,2
10	13,9	10,4	7,6	5,9	4,6
11	12,6	9,2	6,9	5,3	4,2
12	11,6	8,6	6,3	4,9	3,8

2L = 820					
h =	9	10	11	12	13
2P =	246	304	368	436	512
n	Dépressions en mm. sous une charge de 1000 kil.				
5	37,8	27,5	20,7	15,9	12,6
6	31,5	22,9	17,2	13,3	10,5
7	27,0	19,7	14,8	11,4	9,0
8	23,6	17,2	12,9	9,9	7,8
9	21,0	15,3	11,5	8,9	7,0
10	18,9	13,8	10,3	8,0	6,3
11	17,2	12,5	9,4	7,2	5,7
12	15,6	11,5	8,6	6,6	5,2

2L = 860					
h =	9	10	11	12	13
2P =	235	290	350	416	490
n	Dépressions en mm. sous une charge de 1000 kil.				
5	43,6	31,8	23,9	18,4	14,5
6	36,3	26,5	19,9	15,3	12,0
7	31,1	22,7	17,1	13,1	10,3
8	27,2	19,9	14,9	11,5	9,0
9	24,2	17,7	13,3	10,2	8,0
10	21,8	15,9	11,9	9,2	7,2
11	19,8	14,4	10,9	8,4	6,6
12	18,2	13,2	9,9	7,7	6,0
13	16,8	12,2	9,1	7,1	5,5

2L = 900					
h =	9	10	11	12	13
2P =	225	277	335	399	469
n	Dépressions en mm. sous une charge de 1000 kil.				
5	50,0	36,5	27,4	21,1	16,6
6	41,7	30,4	22,8	17,6	13,8
7	35,7	26,1	19,6	15,1	11,9
8	31,3	22,8	17,1	13,2	10,4
9	27,8	20,3	15,2	11,7	9,2
10	25,0	18,3	13,7	10,7	8,3
11	22,7	16,6	12,4	9,6	7,5
12	20,8	15,2	11,4	8,8	6,9
13	19,2	12,5	10,5	8,1	6,4

2L = 940					
h =	9	10	11	12	13
2P =	215	266	321	383	449
n	Dépressions en mm. sous une charge de 1000 kil.				
5	56,9	41,5	31,2	24,0	18,9
6	47,5	34,6	26,0	20,0	15,7
7	40,7	29,5	22,3	17,1	13,3
8	35,6	26,0	19,5	15,6	11,8
9	31,6	23,1	17,3	13,3	10,5
10	28,4	20,7	15,6	12,0	9,4
11	25,9	18,9	14,2	10,9	8,6
12	23,7	17,3	13,0	10,0	7,9
13	21,9	15,9	12,0	9,2	7,3

2L = 980					
h =	9	10	11	12	13
2P =	206	255	308	367	431
n	Dépressions en mm. sous une charge de 1000 kil.				
5	64,5	47,0	35,3	27,2	21,4
6	53,7	39,2	29,4	22,7	17,8
7	46,1	33,6	25,2	19,4	15,3
8	40,3	29,4	22,1	17,0	13,4
9	35,9	26,1	19,6	15,1	11,9
10	32,3	23,5	17,7	13,6	10,7
11	29,3	21,4	16,0	12,3	9,7
12	26,9	19,6	14,7	11,3	8,9
13	24,8	18,0	13,6	10,5	8,2

2L = 1020						2L = 1160					
h =	9	10	11	12	13	*h* =	9	10	11	12	13
2P =	197	244	295	351	412	2P =	184	227	275	327	384
n	Dépressions en mm. sous une charge de 1000 kil.					*n*	Dépressions en mm. sous une charge de 1000 kil.				
5	72,8	53,1	39,9	30,7	24,1	5	91,3	66,5	50,0	38,5	31,0
6	60,7	44,2	33,3	25,6	20,1	6	76,1	55,4	41,6	32,1	26,0
7	52,0	37,9	27,1	21,9	17,2	7	65,2	47,5	35,7	27,5	22,3
8	45,5	33,2	24,9	19,2	15,1	8	57,0	41,6	31,2	24,1	19,5
9	40,5	29,5	22,2	17,0	13,4	9	50,7	36,9	27,7	21,4	17,3
10	36,4	26,5	19,9	15,3	12,1	10	45,6	33,3	25,0	19,2	15,6
11	33,1	24,1	18,1	13,9	10,9	11	41,5	30,2	22,7	17,5	14,2
12	30,4	22,1	16,6	12,8	10,0	12	38,0	27,7	20,8	16,0	13,0
13	28,0	20,4	15,3	11,8	9,3	13	35,1	25,6	19,2	14,8	12,0

2L = 1060						2L = 1140					
h =	9	10	11	12	13	*h* =	9	10	11	12	13
2P =	191	236	285	339	398	2P =	178	219	265	315	371
n	Dépressions en mm. sous une charge de 1000 kil.					*n*	Dépressions en mm. sous une charge de 1000 kil.				
5	81,7	59,5	44,7	34,5	27,1	5	100,1	74,7	56,1	43,2	34,0
6	68,1	49,6	37,3	28,7	22,6	6	83,4	62,3	46,8	36,0	28,3
7	58,3	42,5	31,9	24,6	19,3	7	71,5	53,4	40,1	30,9	24,3
8	51,0	37,2	27,9	21,5	16,9	8	62,6	46,7	35,1	27,0	21,2
9	45,4	33,1	24,8	19,2	15,1	9	55,6	41,5	31,2	24,0	18,9
10	40,8	29,8	22,4	17,2	13,5	10	50,1	37,4	28,1	21,6	17,0
11	37,1	27,0	20,3	15,6	12,3	11	45,5	33,9	25,5	19,6	15,4
12	34,0	24,8	18,6	14,3	11,3	12	41,7	31,1	23,4	18,0	14,2
13	31,4	22,9	17,2	13,2	10,4	13	38,5	28,7	21,6	16,6	13,1

2L = 1180					
h =	9	10	11	12	13
2P =	171	211	256	305	358
n	Dépressions en mm. sous une charge de 1000 kil.				
5	112,9	82,3	61,8	47,8	37,4
6	94,1	68,6	51,5	39,7	31,1
7	80,6	58,8	44,1	34,0	26,7
8	70,6	51,4	38,6	29,5	23,3
9	64,9	45,7	34,3	26,4	20,7
10	56,4	41,1	30,9	23,8	18,7
11	51,3	37,4	28,1	21,6	16,9
12	47,0	34,3	25,7	19,8	15,5
13	43,4	31,6	23,8	18,3	14,4

2L = 1260					
h =	9	10	11	12	13
2P =	160	198	240	285	333
n	Dépressions en mm. sous une charge de 1000 kil.				
5	137,1	100,0	75,1	57,8	45,5
6	114,2	83,3	62,6	48,2	37,9
7	97,9	71,4	53,6	41,0	32,5
8	85,7	62,5	46,9	36,1	28,4
9	76,1	55,5	41,8	32,1	25,3
10	68,5	50,0	37,5	28,9	22,7
11	62,3	45,4	34,1	26,3	20,7
12	57,1	41,6	31,2	24,1	18,9
13	52,7	38,4	28,8	22,2	17,5

2L = 1220					
h =	9	10	11	12	13
2P =	165	204	248	294	346
n	Dépressions en mm. sous une charge de 1000 kil.				
5	122,4	90,1	67,7	52,1	47,0
6	101,9	75,1	56,4	43,4	34,2
7	87,4	64,4	48,3	37,2	29,3
8	76,5	56,3	42,3	32,6	25,6
9	67,9	50,1	37,6	28,9	22,8
10	61,2	45,0	33,8	26,1	20,5
11	55,6	40,9	30,7	23,7	18,6
12	50,9	37,5	28,2	21,7	17,1
13	47,0	34,6	26,0	20,0	15,7

2L = 1300					
h =	9	10	11	12	13
2P =	155	192	232	277	325
n	Dépressions en mm. sous une charge de 1000 kil.				
5	150,6	109,8	82,6	63,5	50,0
6	125,5	91,5	68,8	52,9	41,6
7	107,6	78,4	59,0	45,4	35,7
8	94,1	68,6	51,6	39,7	31,2
9	83,7	61,0	45,9	35,3	27,7
10	75,3	54,9	41,3	31,7	25,0
11	68,4	49,9	37,5	28,9	22,7
12	62,7	45,7	34,4	26,5	20,8
13	57,9	42,2	31,7	24,4	19,2

2L = 1340					
h =	9	10	11	12	13
2P =	151	186	224	268	313
n	Dépressions en mm. sous une charge de 1000 kil.				
5	165,0	120,3	90,4	69,6	54,7
6	137,0	100,2	75,2	58,0	45,6
7	117,6	85,9	64,5	49,7	39,1
8	103,1	75,2	56,4	43,5	34,2
9	91,7	66,8	50,2	38,6	30,4
10	82,5	60,1	45,2	34,8	27,3
11	74,8	54,7	41,1	31,6	24,9
12	68,5	50,1	37,6	29,0	22,8
13	63,5	46,3	34,7	26,7	21,0

2L = 1380					
h =	9	10	11	12	13
2P =	146	181	219	261	306
n	Dépressions en mm sous une charge de 1000 kil.				
5	180,2	131,4	98,7	76,0	58 8
6	150,1	108,1	82,3	63,3	49,0
7	128,7	93,8	70,5	54,3	42,0
8	112,6	82,1	61,7	47,5	37,6
9	100,1	73,0	54,8	42,2	32,6
10	90,1	65,7	49,3	38,0	29,4
11	81,9	59,7	44,8	34,5	26,7
12	75,0	54,7	41,1	31,7	24,5
13	69,3	50,5	37,9	29,2	22,6

2L = 1420					
h =	9	10	11	12	13
2P =	142	176	212	253	299
n	Dépressions en mm. sous une charge de 1000 kil.				
6	163,5	119,3	89,2	69,0	54,2
7	140,2	102,2	76,4	59,1	46,5
8	122,7	89,4	66,9	51,7	40,7
9	109,1	79,5	59,4	46,0	36,2
10	98,2	71,5	53,6	41,4	32,5
11	89,2	65,0	48,6	37,6	29,6
12	81,8	58,8	44,6	34,5	27,1.
13	75,9	55,0	44,1	31,8	25,1
14	70,1	51,1	38,2	29,5	23,2

2L = 1460					
h =	9	10	11	12	13
2P =	138	171	207	246	289
n	Dépressions en mm. sous une charge de 1000 kilog.				
6	174,4	129,6	97,4	75,4	59,0
7	152,6	111,1	83,5	64,6	50,6
8	133,3	97,2	73,0	56,3	44,2
9	118,7	86,4	64,9	50,2	39,3
10	106,8	77,8	58,4	45,2	35,4
11	97,1	70,7	53,1	41,1	32,1
12	89,0	64,8	48,7	37,7	29,5
13	82,2	59,8	44,9	34,9	27,2
14	76,3	55,6	41,8	32,3	25,1

2L = 1500					
h =	9	10	11	12	13
2P =	135	166	201	239	281
n	Dépressions en mm. sous une charge de 1000 kil.				
6	192,9	140,6	105,7	81,3	64,0
7	165,3	120,5	90,6	69,7	54,8
8	144,6	104,6	79,3	61,0	48,0
9	128,6	93,7	68,3	54,2	42,6
10	115,7	84,3	63,4	48,8	38,4
11	105,2	76,6	59,7	44,3	34,9
12	96,4	71,3	52,9	40,7	32,0
13	89,0	64,9	48,8	37,5	29,5
14	82,8	60,2	38,2	34,8	27,4

2L = 1580					
h =	9	10	11	12	13
2P =	128	158	191	227	266
n	Dépressions en mm. sous une charge de 1000 kil.				
6	225,4	164,3	123,4	95,2	74,8
7	193,2	140,8	102,8	81,6	64,1
8	169,0	123,2	92,6	71,4	56,1
9	150,3	109,5	82,3	63,4	49,8
10	135,2	98,6	74,0	57,1	44,8
11	122,9	89,6	67,3	51,9	40,8
12	112,7	82,1	61,7	47,6	37,4
13	104,0	75,8	56,9	43,9	34,5
14	96,6	70,4	52,9	40,8	32,0

2L = 1540					
h =	9	10	11	12	13
2P =	131	162	196	233	274
n	Dépressions en mm. sous une charge de 1000 kil.				
6	208,7	152,1	114,5	88,1	69,2
7	178,9	130,4	98,0	75,5	59,3
8	156,5	114,1	85,7	66,1	51,9
9	139,1	101,4	76,2	58,7	46,1
10	125,2	91,3	68,6	52,8	41,5
11	113,8	83,0	62,3	48,0	37,7
12	104,3	76,0	57,1	44,0	34,6
13	96,3	70,2	52,7	40,6	31,9
14	89,4	65,2	49,0	37,7	29,6

2L = 1620					
h =	9	10	11	12	13
2P =	125	154	186	122	260
n	Dépressions en mm. sous une charge de 1000 kil.				
6	243,0	177,1	133,0	102,5	80,5
7	208,2	151,8	114,0	87,8	69,0
8	182,2	132,8	99,8	76,8	60,4
9	162,0	118,1	88,7	68,3	53,7
10	145,8	106,2	79,8	61,5	48,3
11	132,5	96,6	72,6	55,9	43,9
12	121,5	88,5	66,5	51,2	40,2
13	112,1	81,7	61,4	47,3	37,1
14	104,1	75,9	57,0	43,9	34,5

2L = 1660					
h =	9	10	11	12	13
2P =	122	150	181	216	254
n	Dépressions en mm. sous une charge de 1000 kil.				
7	224,0	163,3	122,7	94,5	74,4
8	196,0	142,9	107,3	82,7	65,1
9	174,2	127,1	95,4	73,5	57,8
10	156,8	114,3	85,9	66,1	52,1
11	142,5	103,9	78,1	60,1	47,3
12	130,7	95,2	71,6	55,1	43,4
13	120,6	87,9	66,0	50,9	40,0
14	112,0	81,6	61,3	47,2	37,2
15	104,1	76,2	57,2	44,1	34,7

2L = 1740					
h =	9	10	11	12	13
2P =	116	144	173	206	243
n	Dépressions en mm. sous une charge de 1000 kil.				
7	258,1	188,1	141,1	103,8	85,6
8	225,8	164,6	123,4	95,2	74,9
9	200,7	146,5	109,7	84,6	66,6
10	180,6	131,7	98,7	76,2	59,9
11	164,2	119,7	89,8	69,2	54,5
12	150,5	109,7	82,3	63,5	49,9
13	138,2	101,3	70,9	58,6	46,1
14	129,0	93,2	65,9	54,4	42,8
15	120,4	87,8	61,3	50,8	39,9

2L = 1700					
h =	9	10	11	12	13
2P =	119	147	177	211	248
n	Dépressions en mm. sous une charge de 1000 kil.				
7	268,5	175,4	131,8	101,5	79,8
8	210,0	153,5	115,3	88,8	69,8
9	186,6	136,4	102,5	78,9	62,1
10	168,0	122,8	92,2	71,0	55,8
11	152,7	111,6	83,8	64,6	50,8
12	140,0	102,3	76,8	59,2	46,5
13	129,2	94,4	70,9	54,6	41,4
14	120,0	87,7	65,9	50,7	39,9
15	112,0	81,8	61,5	47,3	37,2

2L = 1780					
h =	9	10	11	12	13
2P =	113	140	169	201	237
n	Dépressions en mm. sous une charge de 1000 kil.				
7	276,3	200,1	151,2	114,9	91,6
8	241,7	175,1	132,3	100,5	80,2
9	214,9	155,6	117,6	89,3	71,3
10	193,4	140,0	105,9	80,4	64,1
11	175,8	127,3	96,2	73,1	58,3
12	161,1	116,7	88,2	67,0	53,5
13	148,7	107,7	81,4	61,8	49,3
14	131,0	100,0	75,6	57,4	45,8
15	128,9	93,4	70,6	53,6	42,8

2L = 1820						2L = 1860					
h =	9	10	11	12	13	h =	9	10	11	12	13
2P =	111	137	166	198	232	2P =	109	134	163	195	227
n	Dépressions en mm. sous une charge de 1000 kil.					n	Dépressions en mm. sous une charge de 1000 kil.				
7	295,1	215,1	161,6	124,5	97,9	8	277,5	201,1	159,5	116,4	90,9
8	258,2	188,3	141,4	108,9	85,7	9	245,1	178,7	141,8	103,4	88,8
9	229,5	167,3	125,7	96,8	76,1	10	220,6	160,8	127,6	93,1	72,7
10	206,6	150,6	113,1	87,1	68,5	11	200,0	146,2	116,0	84,6	66,1
11	187,8	136,9	102,8	79,2	62,3	12	183,8	134,1	106,3	77,6	60,6
12	172,1	125,5	94,3	72,6	57,1	13	169,2	124,5	98,2	71,6	55,9
13	158,9	115,8	87,0	67,0	52,7	14	157,6	114,9	91,2	66,5	51,9
14	147,5	107,6	80,8	62,2	48,9	15	147,1	107,2	85,1	62,1	48,5
15	137,7	100,4	75,4	58,1	45,7	16	137,9	100,5	79,8	58,2	45,4

LETTRE DU P. SECCHI,

SUR LA STRUCTURE DU SOLEIL.

Rome, ce 3 septembre 1876.

Mon cher et respectable collègue (1).

Vous me demandez dans votre lettre une courte notice relative à mes opinions sur la constitution du Soleil ; et vous dites qu'en étudiant mes publications vous n'avez pas réussi à les formuler d'une manière satisfaisante.

Cela ne me surprend pas; car je n'ai pu les formuler moi-même dans mon ouvrage qu'après l'exposition des dernières découvertes. Dans le premier volume je ne discute qu'une partie des faits nécessaires, et cette partie peut s'expliquer de plusieurs manières différentes. Le reste, beaucoup plus important, constitue le second volume, et c'est là que vous trouverez ce que vous cherchez. Lors de la première édition, mes idées n'étaient pas assez arrêtées sur plusieurs points ; la connaissance des protubérances était alors trop peu avancée. Nous pouvons dire que jusqu'en 1868 nous n'avons étudié réellement les phénomènes solaires que dans le *plan.* Il fallait les étudier en *élévation.* Faute de joindre ces deux études, il était impossible de se faire une idée nette de leur nature. Je crois que, grâce au spectroscope, nous avons maintenant obtenu ce que nous cherchions ; et pour vous abréger le travail, je vais résumer ma manière de concevoir le corps solaire et ses phénomènes.

(1) M. Newcomb.

Le Soleil est pour moi, comme pour tout le monde, un corps incandescent d'une température énormément élevée, dans lequel les substances connues de nos chimistes, et plusieurs autres encore inconnues, sont à l'état de vapeur incandescente, à un tel degré que leur spectre doit être continu, soit à cause de la pression qu'elles supportent, soit par l'élévation de leur température. Cette masse incandescente est ce qui constitue la *Photosphère*. Sa limite est déterminée par l'action de la gravité du corps solaire et de plus, comme en général dans les gaz incandescents, par le degré de température propre de la couche extérieure exposée au rayonnement libre vers l'espace. La photosphère se présente comme constituée de petites granulations brillantes séparées par un réseau noir. Ces granulations ne sont que les sommets des flammes dont le Soleil est réellement couvert, et qui percent la couche inférieure de vapeurs plus denses. De là l'aspect de ce réseau, comme nous le verrons mieux tout à l'heure.

Au-dessus de la couche photosphérique se trouve une atmosphère de nature très-complexe. A sa partie inférieure que nous appellerons sa base, se trouve une couche de vapeurs métalliques lourdes dont la température est encore élevée, mais déjà beaucoup plus basse que celle de la photosphère. Elles ne sont plus capables d'émettre une lumière à spectre continu, mais elles peuvent donner des spectres directs à raies discontinues. Cette couche devient visible, surtout pendant les éclipses solaires, sur ce bord de l'astre; elle est du reste très-mince, et dans l'état normal son épaisseur varie d'une à deux secondes d'arc. Cette couche de vapeurs plus froide, en vertu de la loi d'absorption formulée par Kirchhoff, produit sur la lumière de la photosphère qui la traverse, les discontinuités connues sous le nom de raies de Fraunhofer. Il s'y trouve une énorme quantité d'hydrogène. Ce gaz y est même en telle abondance qu'il surpasse considérablement tout le reste en hauteur, et sa surface de niveau, très-irrégulière, est formée de petits jets et de flammes innombrables constituant une couche haute de 10″ à 16″ et plus : c'est ce que nous appelons la *chromosphère*. Cet hydrogène est constamment mélangé d'une autre substance appelée provisoire-

ment *Hélium* qui donne la raie jaune D_3 dans le spectre des protubérances; mais l'hydrogène ne finit point où finissent les flammes à formes définies : il se répand au-dessus et se diffuse [1] en se mêlant à d'autres gaz, et surtout à une substance très-légère qui donne la raie verte 1474 K.

Cette dernière substance le surpasse considérablement en hauteur; mais elle ne produit pas de protubérances définies et n'est pas d'ordinaire aussi facilement visible que les autres. Elle forme la partie la plus élevée et la plus étendue de la couronne solaire visible dans les éclipses.

Il y a probablement d'autres matières dans cette atmosphère encore peu connue. Les substances qui composent l'enveloppe solaire paraissent disposées selon leur densité spécifique, sans cependant qu'il y ait une séparation absolue; en réalité il y a mélange à cause de la diffusibilité des gaz.

Cette atmosphère diffuse est habituellement invisible, mais on peut l'observer dans la *couronne* des éclipses totales. Sa hauteur absolue est très-difficile à déterminer : elle peut arriver à un diamètre solaire dans les parties les plus atténuées qui restent encore visibles malgré la lumière crépusculaire des éclipses. Sans doute elle s'étend encore plus loin et elle pourrait bien se relier à la lumière zodiacale. Le niveau supérieur de cette atmosphère n'est pas sphérique; il est plus élevé dans les latitudes moyennes de 45° qu'à l'équateur : aux pôles il est encore plus déprimé. Sa densité n'est pas uniforme. Elle s'arrange souvent en rayons curvilignes indiquant une circulation.

Les flammes très-serrées et les filaments très-minces, qui constituent la chromosphère paraissent correspondre aux granulations de la photosphère. Dans les époques de tranquillité, ces

---

[1] Pour nous rendre compte de cette diffusion, nous n'avons qu'à appliquer au Soleil ce que nous observons dans les flammes ordinaires : la partie lumineuse de la flamme a une forme définie et tranchée, mais les gaz s'étendent au-dessus et à l'entour, n'ayant plus de limite visible, et se mêlant aux gaz de l'atmosphère. Ainsi les protubérances ou les flammes solaires sont tranchées et définies jusqu'à une certaine limite de température et de densité ; au delà le gaz prend la forme diffuse. On ignore encore les causes de ce changement d'aspect.

filaments ont une direction perpendiculaire à la surface solaire, mais en général dans les époques d'agitation ils sont plus ou moins inclinés et souvent systématiquement dirigés vers les pôles, entraînés visiblement par des courants.

La masse solaire est loin de pouvoir rester dans une tranquillité absolue. Les différentes substances venant en contact dans l'intérieur de l'astre, sollicitées par leur affinité mutuelle, tendent à se combiner, et produisent nécessairement des agitations et des mouvements intérieurs de toute espèce et de grande intensité. De là des crises nombreuses qui se manifestent à la surface par le soulèvement des couches inférieures de l'atmosphère, par des éruptions, et souvent par de véritables explosions. Alors les vapeurs métalliques inférieures sont projetées à des hauteurs considérables, et l'hydrogène arrive quelquefois à une élévation d'un quart du diamètre solaire, reconnaissable au spectroscope en plein Soleil. Ces masses hydrogéniques sortant de la photosphère avec une température plus élevée que celle de l'atmosphère, gagnent les régions supérieures de celle-ci, restent suspendues à des élévations considérables, et forment ce qu'on appelle les *proéminences* ou *protubérances*. Les métaux plus lourds n'atteignent jamais les grandes hauteurs de l'hydrogène, et on les voit retomber sur l'astre en forme de jets paraboliques. Toutes ces éruptions, après s'être refroidies, perdent leurs formes et se diffusent au milieu de l'atmosphère.

La structure des protubérances hydrogéniques est tout à fait semblable à celles des veines fluides vaporeuses qui se soulèvent des couches les plus denses et se diffusent dans les plus rares : mais leur extrême variabilité, même à la base, et les changements rapides du lieu de sortie et de diffusion prouvent qu'il n'existe aucun orifice pratiqué dans une couche solide résistante.

Les substances les plus communes contenues dans ces éruptions sont le sodium, le magnésium, le fer, le calcium, etc.; en un mot, les substances qui forment la couche inférieure et absorbante de l'atmosphère solaire, celles qui, par leur absorption, produisent les raies noires du spectre. Une conséquence rigoureuse et inévitable de ces conditions est que, lorsque la

masse ainsi soulevée et visible sur le bord est portée, par la rotation du corps solaire, entre la photosphère et l'œil de l'observateur, l'absorption devient sensible. Cette absorption se manifeste par une *tache* noire sur la photosphère. Les raies d'absorption propres aux métaux indiqués sont effectivement dans les taches plus larges et plus diffuses, et si la masse soulevée est assez haute et assez dense, on peut même voir le renversement des raies renversé, c'est-à-dire, on peut revoir les lignes brillantes sur le fond de la tache. Cela arrive souvent pour l'hydrogène qui se soulève assez haut pour échapper à sa propre couche absorbante, et pour le sodium et le magnésium, métaux à vapeurs légères. Voilà donc l'origine des taches solaires; elles sont formées par des amas de vapeurs absorbantes qui, sorties des entrailles de l'astre, et interposées entre la photosphère et l'œil de l'observateur empêchent en partie sa lumière de parvenir à nos yeux.

Mais ces vapeurs absorbantes, refroidies lors de l'explosion, sont plus lourdes que la couche atmosphérique dans laquelle elles ont été lancées. C'est pour cela qu'elles retombent et tendent à s'enfoncer dans la couche photosphérique. La partie obscure et absorbante occupe ainsi la place d'une portion de la masse brillante, et y produit l'aspect d'une cavité. En fait ce n'est pas un vide, mais seulement une masse plus sombre et plus absorbante: de là la forme d'entonnoir constatée dans les taches et la tendance de la masse lumineuse environnante à se précipiter, sous l'aspect de courants, dans le milieu de cette masse plus froide. Si l'éruption était instantanée ou de très-courte durée, cette masse vaporeuse, retombée sur la photosphère, serait bientôt réchauffée et dissoute dans la masse incandescente environnante, et la tache disparaîtrait; mais les crises intérieures du corps solaire peuvent se prolonger longtemps, et l'éruption peut, d'après l'observation, se maintenir à la même place pendant une, deux et même parfois trois rotations. De là, la persistance des taches; car le nuage peut se reconstituer au fur et à mesure que les couches environnantes tendent à le dissoudre, comme il arrive dans les jets vaporeux de nos volcans. Les éruptions près de finir peuvent se ranimer et se reproduire, ou à la même place ou dans

le voisinage, et donner lieu à des taches très-variables de forme, de position et de durée.

La structure des taches se compose d'une région centrale nommée *noyau* ou *ombre*, et d'une partie périphérique moins sombre, appelée *pénombre*. Celle-ci est formée réellement d'une couche plus légère de vapeurs mêlée à des filaments ou courants de matière photosphérique, qui envahissent la masse obscure. Ces courants sont souvent formés d'amas globulaires imitant les grains de chapelets, ou les feuilles de saule, et évidemment ne sont que les grains de la photosphère étirés et allongés, qui se précipitent vers le centre de la tache, attirés par la force absorbante qui environne tout jet fluide à sa base. Ces courants quelquefois traversent la masse comme *des ponts*. La tache paraît alors se diviser.

Dans chaque tache il faut distinguer trois périodes d'existence: La première de *formation*, la seconde de *calme*, la troisième d'*extinction*. Dans la première, la masse photosphérique est refoulée, soulevée et bouleversée par une grande agitation, souvent *tourbillonnaire*, qui la soulève tout autour des veines de sortie, et forme des bourrelets irréguliers, sans pénombre normale. Ces mouvements irréguliers défient souvent toute description. Leurs vitesses sont énormes. L'espace troublé s'étend bien au delà de la région sombre proprement appelée tache, et envahit plusieurs degrés carrés. Mais ces bouleversements cessent bientôt et l'agitation s'apaise peu à peu, pour faire place au calme.

Dans cette seconde période, la masse agitée et soulevée retombe, tend à se réunir en masses plus ou moins circulaires, et à s'enfoncer par son poids dans la couche photosphérique, et les centres d'éruption, tumultueux et variables au commencement, se réduisent à un petit nombre en devenant plus stables. Dans cette phase le contraste entre la matière sortante et la matière envahissante est sensible. La tache prend une forme à peu près circulaire. Ce contraste peut durer aussi longtemps que les actions intérieures du globe solaire fournissent de nouveaux matériaux. Enfin ceux-ci venant à manquer, l'action éruptive languit et s'épuise; la masse absorbante, envahie de tous côtés par la photosphère, se dissout et s'absorbe, et la tache disparaît.

Ces trois phases sont mises en évidence par l'étude comparative des taches et des éruptions. Lorsqu'une tache est précisément sur le bord, dans sa première période, elle est invisible par les conditions géométriques de simple perspective, mais sa place est révélée par de violentes éruptions de vapeurs métalliques, proportionelles à l'étendue de la tache qui sera visible le lendemain. Sur les taches les plus sombres dominent les vapeurs de sodium, de fer, de magnésium, etc., soulevées à de grandes hauteurs. Aucune tache ne se forme sans éruption préalable; les taches et les éruptions font défaut ensemble. Aucune éruption de quelque conséquence ne se montre sans qu'il y ait une tache subséquente. Une tache à l'époque de *calme* est ordinairement circulaire, couronnée de belles facules et de jets hydrogéniques, bas, mais assez vifs et brillants. La tache qui est sur le point de *se former* n'est point surmontée de jets métalliques ; on y trouve à peine quelque jet hydrogénique et une chromosphère plus agitée et soulevée. Ainsi l'observation a appris que les éruptions marchent d'accord avec les taches ; et que les premières font défaut dans les époques où manquent les secondes. L'activité solaire est mesurée ainsi par le double facteur des éruptions et des taches qui ont une même source. Les taches ne sont donc qu'un phénomène secondaire dépendant des éruptions, et de la qualité des matériaux plus ou moins absorbants; si les matières rejetées n'étaient pas absorbantes, nous n'aurions aucune idée des taches solaires.

Les éruptions composées seulement de gaz hydrogène ne produisent pas de taches; aussi les observe-t-on sur tous les points du disque, tandis que les taches sont bornées aux zones tropicales ou *royales*, où seulement l'on observe les éruptions métalliques. Les éruptions simplement hydrogéniques donnent plutôt naissance aux facules. La clarté plus vive des facules peut dériver de deux causes. La première est le soulèvement de la photosphère au-dessus de la couche absorbante, qui est très-mince (une à deux secondes d'arc): cette région soulevée échappe ainsi à l'absorption de la couche inférieure et paraît alors plus brillante. L'autre cause peut être que l'hydrogène sortant déplace la couche

absorbante elle-même, et, se substituant aux vapeurs métalliques, laisse mieux voir la lumière propre de la photosphère.

Les taches occupent les zones latérales à l'équateur solaire et dépassent rarement le 30me parallèle. Un très-petit nombre vues jusqu'à 45° font exception : à ce parallèle donc est bornée la grande activité de l'astre. Au delà on voit des facules, mais non de véritables taches, ou tout au plus des *taches voilées*, indice d'une très-faible émission métallique. Il paraîtrait donc que la moitié de la masse solaire équatoriale est dans un état de température et d'activité différente de la moitié polaire [1].

Une pareille masse fluide, dans laquelle les parties sont exposées à des températures très-différentes, ne pourrait subsister sans une circulation intérieure. Nous n'en connaissons pas encore les lois; mais les faits suivants sont assez bien constatés. Les zones des taches ne sont pas fixes; elles ont un mouvement progressif de l'équateur vers les pôles; les taches arrivées à une certaine latitude élevée s'évanouissent, pour reparaître à des latitudes inférieures, et remonter de nouveau. Entre ces phases de déplacement, il y a ordinairement un minimum de taches. Les protubérances, dans les époques d'activité, ont une direction dominante vers les pôles, comme aussi les flammes de la chromosphère, tandis que dans les époques de calme elles sont droites et verticales. Cette direction de marche est appuyée par le déplacement des zones des éruptions et des protubérances qui marchent, elles aussi, vers les pôles.

Outre ce mouvement en latitude, la photosphère a encore un mouvement en longitude, qui est plus considérable à l'équateur. Ainsi le temps de rotation de l'astre est différent sur des parallèles différents, le maximum étant à l'équateur. Ces phénomènes nous portent à conclure que la masse visible tout entière est fluide, car cette inégalité est impossible dans un solide. De plus, en combinant les deux mouvements, il en résulte un mouvement tourbillonnaire, qui de l'équateur la porte aux pôles dans une

---

[1] On sait en effet que le secteur et la calotte sphérique terminés au 30me parallèle forment la moitié du volume et de la surface de l'hémisphère.

direction oblique. La théorie de ces mouvements est encore à faire, et elle se relie sans doute à la constitution primitive de l'astre, qui n'est pas encore arrivé à un état d'équilibre stable. L'activité de l'astre est sujette à des fluctuations assez considérables ; la période la plus certaine est de onze ans un tiers, mais la croissance est plus rapide que la décroissance. La première phase dure près de quatre ans, la seconde près de sept. Cette activité est en connexion avec les phénomènes du magnétisme terrestre, mais nous ignorons la cause de ces périodes, et le mode de liaison des deux phénomènes. On peut supposer une influence directe électro-magnétique du Soleil, ou une influence indirecte de la chaleur réagissant sur le magnétisme. Il est du reste très-naturel de supposer que la masse éthérée qui remplit notre système planétaire est profondément altérée par les changements d'activité de l'astre central. Mais la cause de ces changements, nous l'ignorons complétement : les actions planétaires ont été indiquées, mais elles sont loin d'être satisfaisantes. La véritable explication est réservée à la science qui révélera les rapports naturels de la chaleur à l'électricité, au magnétisme et à la cause de la gravité.

Relativement à l'intérieur de l'astre, nous n'avons aucune information positive.

La température superficielle, déjà si grande, malgré les pertes continuelles, ne permet pas de supposer à l'intérieur un état compatible avec aucune couche solide, excepté peut-être à des profondeurs telles que la pression due à la gravité arrive à surpasser la dilatation moléculaire produite par la température. La faible densité de l'astre, malgré son énorme gravité, garantit que cette partie solide n'est pas grande. Quoi qu'il en soit, la couche accessible à l'exploration de nos instruments est indubitablement fluide et même gazeuse; on peut expliquer par là les variations du diamètre solaire constatées par les astronomes.

Malgré les petites fluctuations indiquées, la radiation de l'astre vers les planètes est sensiblement constante pendant des périodes très-longues ; elle l'a été notamment pendant les périodes historiques. Cette constance tient à plusieurs causes ; d'abord à la masse énorme de l'astre qui ne peut se refroidir que très-lente-

ment; ensuite à la contraction de la masse qui accompagne la condensation consécutive aux pertes de chaleur, car cette condensation produit elle-même de la chaleur; enfin à l'émission de la chaleur de dissociation, due à la production des actions chimiques qui peuvent avoir lieu dans la masse totale.

L'origine de cette chaleur est due à la gravité; car il est bien prouvé que la masse solaire, répandue même seulement jusqu'aux limites connues du système planétaire, en se condensant au volume actuel de l'astre, produirait une température supérieure à celle que nous observons. Quant à la valeur absolue de cette température, nous ne pouvons rien prononcer de certain, la science n'ayant pas encore pu fixer la relation qui existe entre l'intensité de la force vive moléculaire du corps rayonnant et l'intensité de la radiation à distance, qui est la seule quantité que nous pouvons évaluer; nous restons dans une incertitude pénible sous ce rapport. Cependant cette température ne peut être que supérieure à toutes celles que nous produisons. On l'a évaluée à quelques millions de degrés de notre thermomètre, et elle est certainement capable de tenir toutes les substances connues à l'état de vapeur.

Telles sont, Monsieur, les idées que je me suis formées sur la constitution du Soleil, qui sont développées dans mon livre et résumées à la page 291 du deuxième volume. Comme vous voyez, j'ai maintenu la variabilité du diamètre solaire malgré votre opposition, car je suis persuadé que c'est une question qu'on ne peut résoudre par des moyennes, mais qu'il faut comparer les observations au jour le jour, pour constater les différences. Ici je vous dirai, par exemple, que, dans cette période actuelle de faible activité solaire, le diamètre est très-constant, et d'accord avec le *Nautical Almanac*, quoique le moyen d'observation soit le même que précédemment.

Agréez, Monsieur, le désir que j'ai de vous être agréable, et en vous priant d'excuser le retard involontaire de cette réponse, je suis votre très-dévoué serviteur,

A. Secchi, S. J.

LE RÉSEAU

DE

CHEMINS DE FER AGRICOLES D'EMBRESIN;

PAR

M. JOHN WARD,

INGÉNIEUR CIVIL.

MM. Zaman et C[ie] possèdent, en Hesbaye, sur les territoires d'Embresin et des communes environnantes, une vaste exploitation agricole composée d'une fabrique de sucres et de plusieurs fermes d'une contenance totale d'environ 700 hectares. Les transports divers nécessaires à une aussi grande industrie sont entièrement faits sur axe et sont très-onéreux. Ces messieurs, en conséquence, décidèrent l'établissement d'un chemin de fer industriel dont le centre serait la sucrerie d'Embresin et qui rayonnerait vers les différentes fermes exploitées actuellement par la Compagnie.

M. Bernard, ingénieur en chef à la C[ie] des Bassins Houillers et moi nous fûmes chargés de ce travail. Après nous être assurés de l'importance du transport sur la ligne projetée, 300 tonnes au maximum par jour et voulant arriver à une construction des plus économiques, nous avons été visiter à Flavy-le-Martel près de Tergnier, en France, un chemin de fer industriel dont les journaux spéciaux s'étaient beaucoup occupés lors de sa mise en exploitation, en faisant surtout ressortir le bon marché de son établissement. Sans décrire entièrement ce chemin de fer, je me bornerai à indiquer les points originaux de sa construction.

La ligne se compose d'une voie fixe reliant la sucrerie de Flavy-le-Martel au canal (2 kilom.). Cette voie sert au transport,

pendant le chômage de l'usine, de la chaux et du charbon nécessaires à chaque campagne. A cette ligne viennent s'embrancher des voies volantes qui, posées seulement au moment de s'en servir, pénètrent dans les champs jusqu'aux silos des betteraves et se déplacent au fur et à mesure des besoins, de manière que tout le transport peut se faire par rail. Pour une semblable exploitation, il faut un matériel léger et un système de voie qui puisse se poser avec une grande rapidité. Voici comment M. Lefranc, directeur de cette sucrerie, est parvenu à résoudre le problème :

La voie se compose essentiellement d'une suite de châssis en fer de 6 mètres de longueur sur $0^m,60$ de largeur. Deux rails de profil Vignole de 6^m de long et du poids de 6 $^1/_2$ k. au mètre sont écartés de $0^m,60$. La solidarité entre ces deux rails est obtenue à l'aide de cinq entre-toises, formées chacune de deux coussinets en fonte reliés entre eux par une lame de fer méplat. Les coussinets en fonte ont ceci de particulier qu'ils sont à peu près en contact parfait avec le rail sans l'aide de coins en bois. Une entre-toise armée de ses coussinets laisse glisser parfaitement entre ceux-ci les rails espacés préalablement de $0^m,60$.

Pour permettre le passage du bourrelet des roues, la nervure intérieure du coussinet prend son appui contre le rail, moins haut que la nervure extérieure; le coussinet n'est donc pas symétrique. Un châssis complet pèse environ 85 kilog. Deux hommes suffisent pour le décharger lors de la pose de la voie volante, et peuvent poser trois cents mètres de voie par jour.

Les châssis, posés bout à bout sur le sol un peu hersé et égalisé, forment la voie volante; ils sont reliés entre eux par une légère éclisse à deux boulons. Immédiatement à côté des entretoises à coussinets on glisse sous la voie une planche de $0^m,80$ sur $0^m,15$. Cette planche empêche la voie de pénétrer dans le sol et lui sert pour ainsi dire de fondation. Lorsque le terrain est compressible, on multiplie le nombre de ces planches qui n'ont, du reste, aucune liaison avec le châssis.

La voie est maintenue en place par des piquets de $0^m,07$ à $0^m,08$ de côté, fichés à la masse à l'extérieur des rails; ils ont de $0^m,50$ à $0^m,80$ de hauteur, selon la nature du sol.

Les châssis courbes sont préparés d'avance; leur disposition est toute semblable.

Les wagons ont une caisse en tôle et un train en bois.

La caisse a 1^m sur 2^m et $0^m,50$ de hauteur. Sa capacité est donc d'un mètre cube.

Les roues en fonte d'une seule pièce à quatre rayons ont $0^m,30$ de diamètre, deux roues alternes sont calées et deux sont fixes.

Cette disposition a pour effet de faciliter le passage dans les courbes; l'écartement des essieux est de 1 mètre. L'attelage, qui mérite d'être signalé à cause de sa grande simplicité, sert en même temps de heurtoir et laisse le wagon parfaitement libre dans les courbes. Cet attelage est formé d'un fer méplat de $0^m,10$ de hauteur sur $0^m,17$ d'épaisseur replié en forme d'U très-aplati de manière à venir relier, à l'intérieur, les longrines du train auxquelles il est attaché à l'aide de quatre boulons. La face de ce fer est percée d'une fente horizontale dont les dimensions sont approximativement de $0^m,17$ en longueur et $0^m,02$ en hauteur; pour procéder à l'attelage de deux wagons, on introduit dans les fentes en contact une lame de fer, et dans le trou ménagé à chaque extrémité de cette lame on laisse tomber une goupille à large tête.

Le poids du wagon est de 400 kil.; chargé il pèse 1600 kilog.

La machine locomotive est très-petite, elle est à quatre roues couplées et à un seul cylindre placé verticalement.

Le piston agit sur les roues par l'intermédiaire d'un engrenage. Les organes du mouvement sont en acier et en fer cémenté. Les roues sont pleines, de $0^m,40$ de diamètre. La chaudière, système Field, présente une grande surface de chauffe sous un petit volume et entre rapidement en pression; elle est alimentée par un injecteur Giffard. La machine porte l'eau (50 litres) et le charbon nécessaires à un trajet de 5 kilomètres. En ordre de marche elle pèse 1500 kilog. Sa consommation journalière en charbon est de 140 kilog. Sa vitesse de 10 kilom. à l'heure. Le piston frappe 140 coups à la minute. Une machine remorque facilement 4 wagonnets, soit 4800 kilog. de charge utile. Deux machines, faisant 12 voyages par jour, transportent un peu plus

de 115 tonnes. Le prix de traction de la tonne-kilomètre est inférieur à 20 centimes.

La voie toute posée revient à 8 fr. le mètre courant ; à cette époque le fer valait 270 fr. la tonne, aujourd'hui la même voie reviendrait à moins de 6 fr. le mètre courant. Les rampes franchies ont jusqu'à $0^{m},03$ d'inclinaison par mêtre; les courbes descendent à 15 mètres de rayon.

Ce chemin de fer n'offrait pas une puissance de transport suffisante pour le but que nous devions atteindre ; de plus, les machines employées sont trop compliquées et renferment des innovations dont l'utilité et le bon fonctionnement ne sont pas encore sanctionnés par la pratique.

Un autre chemin de fer souvent décrit a été exécuté à la sucrerie de Tavaux-Pontsericourt, par MM. Molinos et Pronnier. Cette ligne, d'un mètre d'écartement de voie, est établie sur le bord d'une route et en suit, par conséquent, toutes les inflexions. Les rampes vont jusqu'à $0^{m},075$ par mètre et les courbes descendent à 30 mètres de rayon.

Un chemin de fer pareil est d'une exploitation difficile et, en certains endroits, on est obligé de fractionner le train et de remonter certaines rampes, wagon par wagon. Il montre cependant qu'à la rigueur on peut établir une ligne industrielle dans des conditions aussi désavantageuses.

Ces deux exemples nous montraient donc les deux limites qu'il ne fallait pas dépasser, et la ligne d'Embresin fut construite dans les dimensions suivantes : la voie est de $0^{m},75$ d'écartement, le rail est de 12 kilog. le mètre courant. Les billes, en chêne, ont $1^{m},10$ sur $0^{m},20$ et $0^{m},10$; elles sont espacées de 1 mètre. La locomotive pèse, en ordre de marche, 7500 kilog., elle est à quatre roues couplées ; son mouvement est extérieur. Elle porte son eau et son combustible ; les essieux sont écartés de $1^{m},25$; elle est alimentée par deux giffards. Les wagons cubent deux mètres, le diamètre des roues est de $0^{m},40$; les essieux sont écartés de $1^{m},25$.

Le système d'attelage est analogue à celui qui est employé à Flavy-le-Martel et que j'ai décrit plus haut. Un train composé de 10 wagons peut transporter 18 à 20 tonnes utiles à chaque

voyage. La rampe maximum est de $0^m,022$ par mètre et la courbe minimum d'un rayon de 30 mètres.

Le partie du réseau actuellement en exploitation a 2 kilomètres, le déblai maximum est de $1^m,50$. Elle traverse une route fortement encaissée sur un viaduc de bois de 32 mètres de long et d'environ 5 mètres de haut. La plate-forme de ce viaduc a un peu moins de 1 mètre de largeur; la rampe en cet endroit est de $0^m,0206$ et la ligne a une courbe de 30 mètres de rayon sur ce viaduc.

Le voyage, aller et retour, se fait en moins d'une demi-heure. Les changements de voie de $6^m,80$ de longueur sont du type le plus primitif.

Outre cette voie principale, il a été établi des voies volantes posées sur billes qui pénètrent dans les champs jusqu'aux silos de betteraves; c'est là que les wagons se chargent, et poussés à la main jusqu'à la voie fixe, ils y trouvent la locomotive qui les entraîne vers l'usine. Ce chemin de fer a coûté, matériel compris, moins de 25,000 francs par kilomètre.

Le réseau sera complété l'année prochaine, et comprendra environ dix kilomètres de voie fixe et plusieurs kilomètres de voies volantes. De plus, il est question de raccorder tout ce réseau à la station de chemin de fer la plus voisine. En terminant l'exposé de cette ligne, je me fais un devoir de reconnaître que nous avons été puissamment aidés dans l'accomplissement de notre tâche par la grande expérience et les conseils de M. Zaman, ancien sénateur.

En Belgique, il y a quelques années déjà, ce système de voies étroites avait eu plusieurs applications comme ligne d'intérêt public. Je citerai notamment le chemin de fer de Tubize à Quenast, construit par M. Zaman, vers 1848; le chemin de fer du haut et bas Flénu ($1^m,20$ d'écartement), la ligne de St-Ghislain; enfin le chemin de fer d'Anvers à Gand ($1^m,15$) dont les résultats financiers sont si remarquables. A l'étranger l'application a été plus fréquente encore. Les chemins de fer de la Norvége construits par Stephenson ($1^m,06$); le chemin de fer de Mondalazac à Salles-les-Sources ($1^m,19$). En Angleterre, outre les chemins de fer de

l'Écosse, la ligne célèbre du Festiniog, de $0^{m},56$ d'écartement de voie; cette ligne a 22 kilomètres de longueur et en 1874 le bénéfice net s'est trouvé de 13,000 francs par kilomètre. En Amérique le système est fort en faveur; en 1875, le développement des lignes tant en construction qu'en exploitation était de 12,700 kilomètres et le 1er février 1876 on comptait 4,300 kilomètres en exploitation.

Nous voyons donc que le système de la voie réduite a de nombreuses applications, et dans tous les cas nous pouvons dire que chaque pouce ajouté à l'écartement de voie au delà de ce qui est strictement nécessaire au trafic augmente la dépense de premier établissement, le poids mort, la dépense d'exploitation, et par conséquent augmente le tarif et réduit d'autant l'effet utile de la ligne.

La Belgique semble préparée à recevoir une application étendue de ce système de chemins de fer; les grandes lignes sont construites, les divers produits peuvent circuler d'un bout du pays à l'autre et traverser les frontières sans rompre charge; seulement il reste à conduire la marchandise depuis le centre de production jusqu'à la station de départ, et du point d'arrivée jusqu'au point de consommation. Il suffirait donc de relier les agglomérations aux stations des grandes lignes. Aujourd'hui que le gouvernement semble vouloir opérer le rachat de nos voies ferrées et en monopoliser l'exploitation, les centres assez heureux pour être traversés par la ligne jouissent d'une station et de tous les avantages qui en dérivent; les communes situées moins favorablement voient ces avantages réduits par leur éloignement de la station, et pour quelques-unes le bénéfice devient minime. Cependant, c'est l'État, c'est-à-dire tous les contribuables, qui possède et exploite la ligne; dès lors, tous ceux qui payent ont, pour ainsi dire, droit au transport et à la vitesse.

Il serait certainement impossible de relier toutes nos communes aux stations des chemins de fer actuels par des voies aussi coûteuses que la voie à grande section.

Il faut donc avoir recours à la voie réduite car, comme le dit

très-justement M. Nordling, « à l'aide d'un matériel léger, en
» harmonie avec les dimensions de la voie, on peut éviter les
» fortes dépenses de la coûteuse traction des convois ordi-
» naires; multiplier les départs de voyageurs et donner ample
» satisfaction au public. Un train formé du matériel actuel est
» un instrument trop encombrant pour être mis fréquemment
» en mouvement dans la journée; aussi arrive-t-il sur la plu-
» part des embranchements que le public ne peut aller à la ville
» principale du département et en revenir le même jour. Ce qu'on
» faisait avec une voiture attelée d'un bon cheval avant l'établis-
» sement de la ligne, on ne peut l'entreprendre avec la voie fer-
» rée. La création manque donc son objet. C'est une gêne dont
» il faut supprimer les conséquences en mettant en œuvre un
» instrument léger parcourant la ligne un assez grand nombre
» de fois par jour. »

M. Eug. Flachat disait : « Il serait illogique de repousser un
» système d'une application avantageuse à tout un ordre de com-
» munication qui prend la culture, la fabrique et la mine à leur
» centre et en porte les produits à petite distance jusqu'à la gare
» prochaine d'une grande ligne. »

Dans toute industrie les machines employées sont proportionnelles aux efforts qu'elles doivent vaincre, l'industrie des chemins de fer est soumise à la même loi, l'instrument mis en œuvre doit être proportionnel aux services qu'il est appelé à rendre.

L'objection principale et que l'on entend mettre en avant contre l'établissement des petites voies est le transbordement de la marchandise au point de rencontre de la grande et de la petite ligne. Il faut cependant avouer qu'actuellement ce transbordement se fait puisque la marchandise vient du chariot et passe sur le wagon; le bénéfice du transport rapide et économique subsiste donc malgré cela pour la petite voie. Du reste, il est utile de remarquer que le transbordement de marchandises se fait sur les grandes lignes et sans que la voie change d'écartement; chaque compagnie, chaque groupe des lignes de l'État garde son matériel autant qu'il le peut, sur un même réseau

le transbordement s'opère après une certaine distance, et en somme le surcroît de dépense que cette manœuvre peut occasionner (30 centimes au plus par tonne) est largement regagné par l'économie dans la construction et l'exploitation du chemin de fer d'embranchement. Le transbordement, s'effectuant inévitablement sur les lignes, n'est donc pas un inconvénient propre au système à voie étroite.

L'exploitation d'un chemin de fer d'embranchement doit différer notablement de ce qui se pratique sur les lignes principales. Celles-ci ont un grand trafic, sur une grande longueur, doivent être pourvues d'un personnel nombreux, assurant la régularité la plus grande dans le service et la marche des trains, tandis que sur le petit chemin de fer, parcourant une faible distance, cette grande exactitude n'est plus nécessaire et son exploitation doit plutôt se rapprocher de celle des tramways, avec un personnel mobile faisant en même temps la recette et n'ayant comme personnel fixe que le service de comptabilité et de direction.

Il a été constaté que sur des lignes semblables le train kilomètre coûte trois fois moins cher que sur la voie large avec le matériel ordinaire.

En France la loi favorise l'établissement du chemin de fer d'intérêt local en l'assimilant à une route départementale ou même vicinale; le gouvernement, le département et la commune apportent chacun leur subvention et soulagent d'autant les capitaux qui ont été affectés à la construction de la ligne. Il serait désirable qu'en Belgique on pût procéder de la même manière, et que les provinces ou les communes pussent demander l'ouverture d'une voie ferrée provinciale ou vicinale, l'État, la province et la commune subventionnant une semblable ligne.

En terminant, je vais rechercher quel est le capital nécessaire pour construire et exploiter une ligne de 15 kilomètres et de $0^m,75$ d'écartement de voie dans une région de la Belgique analogue au Brabant, et quels seraient les bénéfices probables de cette entreprise.

TERRAINS.

En moyenne 6^m de large comprenant la plate-forme, les fossés, les talus et les francs-bords par kil. . .	6000	

TERRASSEMENTS.

Déblais et remblais en moyenne 6000 mètres cubes à fr. 1,50.	9000	

VOIE.

Rails, éclisses et boulons, 26 kil. par m. c. à 160 francs la tonne	4160	
Billes, une par mètre à fr. 1.00, pièce. . .	1000	
Ballast à 3 francs le mètre cube	720	
Par kilomètre.	20880	
Soit pour 15 kilomètres.		313.200

EXPLOITATION.

3 locomotives à 10,000 francs.	30.000	
20 wagons à marchandises à 1,500 . . .	30.000	
6 voitures à voyageurs à 3,000	18.000	
Une remise à locomotives	4.000	
Une remise à voitures avec annexe pour les bureaux	14.000	
	96.000	
Dépenses diverses, etc.	14.000	
	110.000	
		110.000
Intérêts du capital pendant deux ans		21.000
TOTAL GÉNÉRAL.		444.200

Soit 29,600 francs par kilomètre.

En supposant que le nombre des voyageurs soit de quatre fois le nombre d'habitants (en Belgique la moyenne est 8), que la marchandise soit d'une tonne par habitant, il vient pour les voyageurs 7 kil. à fr. 0,05 ou 0,35 × 150.000 × 4 = 210.000
Pour la marchandise, droit fixe compris,
1,60 × 150.000 . . . . 240.000

TOTAL. . . . 450.000

En supposant la recette nette 15 p. % de la recette brute laissant ainsi 85 p. % aux dépenses d'exploitation, il vient bénéfice net. . . . . fr. 67.500

Soit 4,500 francs par kilomètre; ce qui donne environ 15 p. % d'intérêt du capital.

Ces chiffres montrent qu'outre l'incontestable utilité de ces chemins de fer d'embranchement, l'exploitation rentre dans les conditions normales de toute entreprise industrielle.

CALCUL

DE LA

CHALEUR DIURNE

ENVOYÉE PAR LE SOLEIL

EN UN POINT QUELCONQUE DE LA SURFACE TERRESTRE (*) ;

PAR

Le R. P. CARBONNELLE, S. J.

---

1. La quantité de chaleur que je me propose de calculer est celle que le Soleil envoie en un jour sur une surface plane égale à l'unité, placée horizontalement à la limite extérieure de l'atmosphère.

Je commence par débarrasser le problème de tout ce qui le compliquerait inutilement.

La réfraction atmosphérique n'a évidemment aucune influence; et l'on n'a pas à rechercher comment une partie de cette chaleur se réfléchit vers l'espace, comment le reste se partage entre la croûte solide et l'atmosphère qui, en absorbant une autre partie, peut ensuite la transporter ailleurs. Ces difficultés sont écartées par les termes mêmes de la question.

Il est permis de remplacer le Soleil par un simple point rayonnant. En effet, l'on sait qu'un disque ayant le même diamètre apparent et le même éclat spécifique produirait sur chaque point de la terre les mêmes effets de rayonnement. Or, pour tous les lieux où le disque solaire passe *tout entier* d'un côté à l'autre de l'horizon, et pour tous ceux où aucun de ses points ne rencontre

---

(*) Voir 1re partie, page 126.

ce plan, il est aisé de voir que l'on peut, sans erreur, concentrer tout son pouvoir rayonnant en un seul point. En effet, l'influenee de cette eoncentration sur la quantité que nous devons calculer est double. Premièrement elle change l'inclinaison de certains rayons sur la surface horizontale considérée; mais le changement subi par les rayons partis d'un point quelconque du disque solaire est exactement compensé par le changement inverse subi par les rayons du point symétriquement situé de l'autre côté du centre. Seeondement, l'heure du lever et du coucher est altérée pour certains points; mais si telle partie du disque est, par ce changement, considérée comme agissant un peu trop longtemps, il existe une autre partie qui, par le même changement, est considérée comme agissant un peu moins longtemps qu'il ne faudrait, et telle que la compensation s'établit exactement. La moitié qui, par exemple, se lève trop tard ou se couche trop tôt, est remplacée dans son influence sur la chaleur diurne par la moitié qui se lève trop tôt ou se couche trop tard. Dans les lieux où le Soleil reste toute la journée tout entier sur l'horizon, cette seconde altération ne se produit même pas. Mais il reste chaque jour le voisinage du parallèle terrestre dont la latitude est le complément de la déclinaison solaire. Dans ces lieux la compensation ne se fait plus pendant une période diurne; cependant, grâce au changement de la déclinaison, elle se fait à peu près à un ou deux jours de distance; ce que ces lieux reçoivent de plus que notre théorie ne l'indique, le jour où une partie du disque reste au-dessus de leur horizon tandis que le centre est couché, ils le reçoivent de moins le jour où une partie du disque se couche tandis que le centre reste visible. De plus, cette anomalie ne se produit que pour les parallèles renfermés dans le cercle polaire, et pour chacun d'eux elle ne se présente qu'une fois par saison. Les comparaisons que nous déduirons de la théorie entre les divers points du globe seront, sauf des différences négligeables, aussi exactes que si cette anomalie n'existait pas.

2. Le diamètre solaire n'entrera donc pas dans nos formules; montrons qu'on peut également en écarter la parallaxe, et sub-

stituer à la surface plane que nous avons placée aux limites de l'atmosphère, une surface égale et parallèle située au centre de la terre.

Soit d la distance de celle-ci au centre du Soleil;

C la quantité de chaleur qu'elle recevrait à cette distance pendant l'unité de temps, si elle était éclairée normalement;

h la hauteur du Soleil au-dessus de son plan;

d', C', h', les mêmes quantités pour la surface plane parallèle, située aux limites de l'atmosphère.

Enfin soit p la parallaxe de hauteur, et P la parallaxe horizontale du Soleil. Ces deux dernières quantités sont très-petites, et dans les calculs suivants nous en négligerons les carrés.

La quantité de chaleur que nous devons évaluer a pour expression

$$\int_{t_0}^{t_1} C'.\sin h' dt;$$

où les deux limites t_0 et t_1 sont les valeurs du temps t au moment du lever et du coucher du Soleil; ou, pour les lieux où le Soleil ne se couche pas, les valeurs correspondantes à son passage inférieur.

Or, on a d'abord

$$\sin h' = \sin (h - p) = \sin h - p \cos h$$

et comme

$$p = P \cos h$$

$$\sin h' = \sin h - P \cos^2 h.$$

On a ensuite

$$d = d' \frac{\cos (h - p)}{\cos h} = d' (1 + p \operatorname{tang} h) = d' (1 + P \sin h),$$

$$C' = C.\frac{d^2}{d'^2} = C (1 + P \sin h)^2 = C (1 + 2P \sin h).$$

Donc

$$\begin{aligned} C' \sin h' &= C (1 + 2P \sin h) (\sin h - P \cos^2 h) \\ &= C.\sin h + CP.(2 \sin^2 h - \cos^2 h) \\ &= C \sin h + CP (3 \sin^2 h - 1). \end{aligned}$$

P et par suite C peuvent être traitées comme des constantes dans l'intégration, car elles ne subissent en un jour que des variations tout à fait négligeables. La quantité à calculer peut donc s'écrire :

$$C\int_{t_0}^{t_1} \sin h . dt + CP\int_{t_0}^{t_1} (3 \sin^2 h - 1)\, dt.$$

La parallaxe n'entre que dans la seconde partie. Il est aisé d'assigner numériquement une limite inférieure et une limite supérieure de ce second terme. On aura la première en posant $\sin h = 0$ et intégrant dans un espace de 24 heures, ce qui donne, en valeur absolue $CP(t_1 - t_0)$, ou en prenant la minute pour unité de temps 1440.P.C. Or, P est inférieur à 9″, c'est-à-dire, puisque le rayon du cercle est dans cette formule l'unité de longueur, à $\frac{9\pi}{180 \times 60 \times 60}$ ou 0,000043633... En multipliant cette fraction par 1440C, on trouve pour la limite cherchée 0,06276 ... C, c'est-à-dire la quantité de chaleur que le Soleil verse normalement sur l'unité de surface en *trois secondes trois quarts* ($3^s,76$). Cette première limite est *négative*. On trouvera *cinq secondes* pour la limite supérieure positive par le procédé suivant. Pour tous les lieux où $3 \sin^2 h - 1$ reste toujours au-dessous de $\frac{5}{3,76}$, l'intégrale même étendue à 24 heures reste évidemment inférieure à cette limite. Pour les autres lieux, c'est-à-dire à partir du 48e degré de latitude jusqu'à l'équateur, comme la durée du jour n'y dépasse jamais 16 heures, il suffit d'intégrer pour cet intervalle de temps. Exagérons $3 \sin^2 h - 1$ en le remplaçant par 2; nous trouverons ainsi pour limite supérieure $\frac{2}{3} \times 2 \times 0,06276 \ldots C$, c'est-à-dire encore la quantité de chaleur que le Soleil verse normalement sur l'unité de surface en *cinq secondes*.

Une correction renfermée entre des limites si étroites peut être négligée. Il s'en faut d'ailleurs de beaucoup que sa valeur exacte soit souvent dans le voisinage de ces limites. Ce n'est qu'au pôle et au moment de l'équinoxe que la première est atteinte. A l'équateur, la correction toujours positive n'équivaut jamais à une seconde de rayonnement. Nous n'aurons donc à calculer que le premier terme, $C\int_{t_0}^{t_1} \sin h dt$.

3. Soit δ la déclinaison du Soleil, que nous supposerons toujours positive;

λ la latitude du lieu, comptée positivement dans le même sens que la déclinaison, c'est-à-dire positive ou négative suivant que le lieu considéré est du même côté de l'équateur que le Soleil, ou du côté opposé;

S l'angle horaire compté à partir du méridien du lieu, c'est-à-dire l'angle compris entre ce méridien et le cercle horaire passant par le centre du Soleil.

Ces trois quantités sont, comme on sait, liées avec la hauteur h par la formule

$$\sin h = \cos\lambda \cos\delta \cos S + \sin\lambda \sin\delta.$$

De sorte que la chaleur diurne D sera donnée par la formule suivante :

$$D = C\int_{t_0}^{t_1} \cos\lambda \cos\delta \cos S \,.\, dt + C\int_{t_0}^{t_1} \sin\lambda \sin\delta \, dt.$$

L'angle horaire S est proportionnel au temps compté depuis midi, la latitude λ est absolument constante; mais la déclinaison δ varie lentement pendant la journée. Il est cependant permis de la traiter comme une constante pendant l'intégration; car elle varie si peu et si régulièrement que si on lui donne constamment sa valeur méridienne, l'altération que ce choix fait subir à une moitié des éléments de l'intégrale sera parfaitement compensée par l'altération inverse produite sur l'autre moitié.

On a d'ailleurs, en adoptant la minute pour unité de temps,

$$S = \frac{\pi}{720} t, \quad t = \frac{720}{\pi} S, \quad dt = \frac{720}{\pi} dS.$$

Si donc nous posons

$$K = \frac{720}{\pi} C,$$

on aura, en remarquant que les éléments symétriques par rapport au méridien sont égaux,

$$D = 2K \cos\lambda \cos\delta \int_0^{\varphi} \cos S \, dS + 2K \sin\lambda \sin\delta \int_0^{\varphi} dS.$$

Mais il faut faire une remarque importante sur la valeur de l'angle φ. *Pour les lieux où le Soleil se lève et se couche,* φ est le demi-angle diurne, c'est-à-dire la valeur de S au moment où la hauteur est nulle. On le trouvera donc par l'équation

$$\cos\lambda\cos\delta\cos\varphi + \sin\lambda\sin\delta = 0,$$

d'où

$$\cos\varphi = -\tang\delta\tang\lambda;$$

on aura donc dans ces cas,

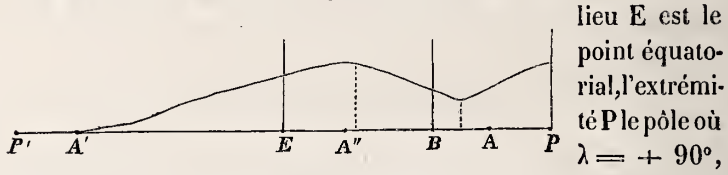
$$\begin{aligned} D &= 2K\cos\lambda\cos\delta\sin\varphi + 2K\varphi.\sin\lambda\sin\delta \\ &= 2K\cos\lambda\cos\delta(\sin\varphi - \varphi\cos\varphi). \end{aligned}$$

Au contraire, *pour tous les lieux où le Soleil ne se couche pas,* lieux compris à l'intérieur du parallèle dont la latitude est le complément de la déclinaison, φ représente la constante π; la première intégrale s'annule et l'on a dans ces cas

$$D = 2K\pi\sin\lambda\sin\delta.$$

4. Avec ces deux expressions, nous pouvons comparer entre eux, sous le rapport de la chaleur reçue en un jour, les différents points d'un même méridien.

Représentons ce méridien par la ligne droite PP', dont le milieu E est le point équatorial, l'extrémité P le pôle où $\lambda = +90°$, c'est-à-dire le pôle qui est du même côté de l'équateur que le Soleil, et l'extrémité P' l'autre pôle. Si l'on prend $AP = A'P' = \delta$ (en valeur absolue), A sera le point où le Soleil touche l'horizon à son passage inférieur, A' celui où il le touche à son passage supérieur. Dans toute la région AP, la chaleur diurne a pour expression $2K\pi\sin\lambda\sin\delta$; dans toute la région AA', elle a pour expression $2K\cos\lambda\cos\delta(\sin\varphi - \varphi\cos\varphi)$, le demi-angle diurne φ étant déterminé par la formule $\cos\varphi = -\tang\lambda\tang\delta$; et enfin



dans toute la région P′A′, la chaleur diurne est évidemment nulle.

Si l'on représente la chaleur diurne de chaque point, par une ordonnée proportionnelle élevée perpendiculairement sur la droite PP′, la courbe qui réunira les sommets de ces ordonnées représentera la distribution de chaleur correspondante à la valeur choisie de δ. Nous allons étudier la marche de cette courbe.

Du point P où l'ordonnnée est $2K\pi \sin \delta$ jusqu'au point A, la courbe descend vers l'axe des abscisses ; car $2K\pi \sin \lambda \sin \delta$ décroît continuellement avec la latitude. Au point A, $\sin \lambda = \cos \delta$ et l'ordonnée devient $K\pi \sin 2\delta$, valeur que fournit également la formule $D = 2K \cos \lambda \cos \delta \, (\sin \varphi - \varphi \cos \varphi)$. Il y aura donc raccordement des deux portions de la courbe.

De A en E, $\cos \varphi$ est toujours négatif; l'ordonnée sera donc toujours positive, et nous verrons bientôt qu'elle passe par un minimum et par un maximum dans cet intervalle. En E, elle devient $2K \cos \delta$. En A′ elle s'annule avec φ, et par suite la courbe rencontre l'axe des abscisses, avec lequel elle se confond ensuite jusqu'en P′. Mais entre A′ et E, l'ordonnée n'est jamais nulle; car il faudrait pour cela $\sin \varphi - \varphi \cos \varphi = 0$, c'est-à-dire $\operatorname{tang} \varphi = \varphi$, équation qui ne peut être vérifiée par un angle φ compris entre 0° et 90°.

Pour mieux connaître la marche de la courbe entre A et A′, différentions par rapport à l'abscisse λ la formule

$$D = 2K \cos \lambda \cos \delta \, (\sin \varphi - \varphi \cos \varphi),$$

il vient

$$\frac{1}{2K \cos \delta} \frac{dD}{d\lambda} = - \sin \lambda \, (\sin \varphi - \varphi \cos \varphi) + \cos \lambda \, . \, \varphi \sin \varphi \frac{d\varphi}{d\lambda} \cdot$$

L'équation $\cos \varphi = - \operatorname{tang} \lambda \operatorname{tang} \delta$ donne

$$\sin \varphi \frac{d\varphi}{d\lambda} = \frac{\operatorname{tang} \delta}{\cos^2 \lambda};$$

donc

$$\frac{1}{2K \cos \delta} \frac{dD}{d\lambda} = - \sin \lambda \, (\sin \varphi - \varphi \cos \varphi) + \varphi \frac{\operatorname{tang} \delta}{\cos \lambda} \cdot$$

Éliminons λ pour ne conserver comme variable que l'angle φ. Pour cela, remarquons que la même équation

$$\cos\varphi = -\operatorname{tang}\lambda \operatorname{tang}\delta$$

donne

$$\sin^2\lambda = \frac{\cos^2\varphi}{\operatorname{tang}^2\delta + \cos^2\varphi}, \quad \cos^2\lambda = \frac{\operatorname{tang}^2\delta}{\operatorname{tang}^2\delta + \cos^2\varphi};$$

et en représentant par $\sqrt{\operatorname{tang}^2\delta + \cos^2\varphi}$ une quantité toujours positive

$$\sin\lambda = \frac{-\cos\varphi}{\sqrt{\operatorname{tang}^2\delta + \cos^2\varphi}}, \quad \cos\lambda = \frac{\operatorname{tang}\delta}{\sqrt{\operatorname{tang}^2\delta + \cos^2\varphi}}.$$

La substitution de ces valeurs nous donne

$$\frac{1}{2K\cos\delta}\frac{dD}{d\lambda} = \frac{\cos\varphi(\sin\varphi - \varphi\cos\varphi) + \varphi(\operatorname{tang}^2\delta + \cos^2\varphi)}{\sqrt{\operatorname{tang}^2\delta + \cos^2\varphi}}$$

$$= \frac{\sin\varphi\cos\varphi + \varphi\operatorname{tang}^2\delta}{\sqrt{\operatorname{tang}^2\delta + \cos^2\varphi}};$$

et enfin

$$\frac{dD}{d\lambda} = \frac{K\cos\delta}{\sqrt{\operatorname{tang}^2\delta + \cos^2\varphi}}(\sin 2\varphi + 2\varphi\operatorname{tang}^2\delta).$$

Nous pouvons maintenant étudier la marche de la courbe au-dessus du point A, au-dessus de A'E, et enfin au-dessus de EA :

1° *Au point* A, $\varphi = \pi$, donc $\frac{dD}{d\lambda} = 2K\pi\sin^2\delta$. Or, si l'on prend le $\frac{dD}{d\lambda}$ de la portion située au-dessus de AP, on trouve $\frac{dD}{d\lambda} = 2K\pi\cos\lambda\sin\delta$, et comme, au point A, $\cos\lambda = \sin\delta$, cette dérivée y devient aussi $2K\pi\sin^2\delta$. Par conséquent, les deux portions de courbe qui, nous l'avons vu, ont au point A la même ordonnée, y ont aussi la même tangente. Celle-ci rencontre l'axe des abscisses à gauche de ce point. On voit donc que, *dès avant le point de raccordement,* la chaleur diurne commence à croître à mesure que l'on avance vers le pôle. Au pôle même, $\frac{dD}{d\lambda} = 0$, la tangente à la courbe est horizontale, et la chaleur diurne atteint un maximum.

2° *Entre A' et E,* l'angle φ est compris entre 0 et $\frac{\pi}{2}$. Donc le facteur $(\sin 2\varphi + 2\varphi \tang^2\delta)$ y est toujours positif; et, par suite, l'ordonnée va toujours croissant de A' en E. En A' on a $\frac{dD}{d\lambda} = 0$, l'axe des abscisses est donc toujours tangent à la courbe en ce point extrême. En E, $\frac{dD}{d\lambda} = K\pi \sin\delta$. La tangente n'y sera donc horizontale que le jour de l'équinoxe.

3° Enfin *entre E et A,* le facteur $(\sin 2\varphi + 2\varphi \tang^2\delta)$, et, par suite, $\frac{dD}{d\lambda}$ peuvent s'annuler. Pour savoir dans quelles conditions, étudions d'abord la courbe auxiliaire déterminée par l'équation

$$\sin 2\varphi + 2\varphi . y = 0,$$

dans laquelle nous ferons varier l'abscisse φ entre $\frac{\pi}{2}$ et π.

L'ordonnée $y = -\frac{\sin 2\varphi}{2\varphi}$ s'annule pour les deux valeurs extrêmes de φ; mais, dans l'intervalle, elle reste toujours positive et continue; elle y passe donc par un maximum. Il est aisé de voir que ce maximum est unique, et d'en calculer la valeur. En effet, on obtient en différentiant

$$\frac{dy}{d\varphi} = \frac{\sin 2\varphi - 2\varphi \cos 2\varphi}{2\varphi^2}.$$

Pour $\varphi = \frac{\pi}{2}$, cette dérivée est *positive* et égale à $\frac{2}{\pi}$. Quand $\varphi = \frac{3\pi}{4}$, elle est déjà négative et reste telle jusqu'à la seconde limite où $\varphi = \pi$. De $\varphi = \frac{\pi}{2}$ à $\varphi = \frac{3\pi}{4}$, elle va toujours décroissant; car son dénominateur toujours positif augmente constamment, et son numérateur qu'on peut écrire $(-\cos 2\varphi)(2\varphi - \tang 2\varphi)$ se compose de deux facteurs dont le premier décroît de 1 à 0, et le second, positif au début, décroît constamment parce que la tangente varie plus rapidement que l'arc. Ce second facteur ne s'annule donc qu'une fois et, par suite, il en est de même de la dérivée $\frac{dy}{d\varphi}$ (*). La tangente à cette courbe auxiliaire n'est donc qu'une seule fois parallèle à l'axe des abscisses et, par consé-

(*) Quant à la valeur $\varphi = \frac{3\pi}{4}$, l'annulation du facteur $(-\cos 2\varphi)$ n'annule pas le produit, parce que l'autre facteur est alors infini. La première forme de $\frac{dy}{d\varphi}$ montre que cette dérivée est alors négative, comme nous l'avions déjà reconnu, et égale à $-\frac{4}{9\pi^2}$.

quent, le maximum dont nous avons reconnu l'existence est unique.

Pour en calculer la valeur, cherchons d'abord la racine, unique entre $\frac{\pi}{2}$ et π, de l'équation

$$2\varphi = \text{tang}\, 2\varphi,$$

c'est-à-dire, si nous posons $2\varphi = \pi + \theta$, la racine unique entre 0 et $\frac{\pi}{2}$ de l'équation

$$\pi + \theta = \text{tang}\, \theta.$$

On trouve, au moyen des tables et par une approximation rapide, $\theta = 77°\,27'\,12'',24$, et, par suite, $\varphi = 128°\,43'\,36'',12$.

On aura la valeur maximum de y en substituant cette valeur de φ dans l'équation de la courbe. On trouve ainsi $\log y = 9.3369272$.

Si maintenant, une valeur de δ étant donnée, on construit la droite horizontale $y = \text{tang}^2\delta$, il est évident qu'elle rencontrera la courbe auxiliaire en deux points si $\text{tang}^2\delta$ est plus petit que le maximum de son ordonnée, qu'elle sera tangente en un seul point si $\text{tang}^2\delta$ est égal à ce maximum, et que ces deux lignes n'auront aucun point commun si $\text{tang}^2\delta$ est plus grand que ce maximum. Or, $\log \text{tang}^2\delta = 9.3369272$, donne $\delta = 24°\,59'\,22'',00$.

Sur la terre, la déclinaison n'atteint jamais cette valeur. Il y a donc toujours deux points où la droite $y = \text{tang}^2\delta$ rencontre la courbe auxiliaire; en d'autres termes, il y a toujours deux valeurs de φ, et, par conséquent, de λ, pour lesquelles $\frac{dD}{d\lambda} = 0$. La plus petite de ces valeurs de λ correspond, d'après ce qui précède, à un maximum de chaleur diurne, et l'autre à un minimum.

Sur d'autres planètes, Mercure et Vénus, par exemple, la déclinaison atteint et dépasse 25°. Le maximum et le minimum disparaissent alors, et la chaleur diurne va croissant constamment depuis le point A′ jusqu'au pôle éclairé.

5. On peut établir quelques propositions générales relatives au déplacement du maximum et du minimum sur le méridien.

Les angles φ et λ correspondants à ces deux points sont liés à δ par les deux équations

$$\sin 2\varphi + 2\varphi \operatorname{tang}^2\delta = 0, \quad \cos\varphi + \operatorname{tang}\lambda \operatorname{tang}\delta = 0.$$

Si entre ces deux équations on élimine $\operatorname{tang}\delta$, il vient

$$\varphi + \operatorname{tang}\varphi \operatorname{tang}^2\lambda = 0.$$

Or, l'angle φ étant compris entre $\frac{\pi}{2}$ et π, $\operatorname{tang}\varphi$ est négative, et sa valeur absolue varie en sens inverse de l'angle lui-même. Il faut donc que $\operatorname{tang}^2\lambda$ et, par suite, l'angle λ varie dans le même sens que φ. Or, l'étude de la courbe auxiliaire nous a montré que le φ du maximum augmente et que celui du minimum diminue, quand δ augmente. Il en est donc de même pour les latitudes λ de ces deux points; *ils se rapprochent donc l'un de l'autre à mesure que le Soleil s'éloigne de l'équateur.*

Ils se confondraient, comme nous l'avons vu, si la déclinaison arrivait à 24°59′22″,00, et la valeur de φ correspondante serait $\varphi = 128°43'36'',12$, ce qui donne pour la latitude $\lambda = 53°18'48'',59$. Portons donc sur la ligne P′P un point B tel que EB = 53°18′48″,59, *le maximum sera toujours à gauche et le minimum toujours à droite de l'ordonnée qui passe par le point* B.

Portons de même le point A″ tel que EA″ = δ. Ce point A″ aura à midi le Soleil à son zénith. Il est aisé de voir que le maximum sera toujours à droite du point A″. En effet, on a en ce point $\lambda = \delta$ et, par suite, $\cos\varphi = -\operatorname{tang}^2\delta$. Si l'on substitue cette valeur de $\operatorname{tang}^2\delta$ dans le facteur $(\sin 2\varphi + 2\varphi \operatorname{tang}^2\delta)$ qui est toujours de même signe que $\frac{dD}{d\lambda}$, ce facteur devient $(\sin 2\varphi - 2\varphi\cos\varphi)$, qu'on peut écrire $2\cos\varphi(\sin\varphi - \varphi)$, produit positif, puisque ses deux facteurs sont négatifs. Donc au point A″, $\frac{dD}{d\lambda}$ est encore positif, et, par suite, le maximum est plus loin.

Nous avons vu plus haut que le minimum ne pouvait être qu'à gauche du point A. *Le maximum est donc toujours au-dessus du segment* A″B, *et le minimum au-dessus du segment* BA.

6. Faisons maintenant ressortir quelques conclusions particulières.

La chaleur diurne est à l'équateur $D_e = 2K \cos \delta$, au pôle $D_p = 2K\pi \sin \delta$. On en conclut

$$\frac{D_p}{D_e} = \pi \operatorname{tang} \delta.$$

Il s'ensuit que ces deux chaleurs deviennent égales le jour où $\operatorname{tang} \delta = \frac{1}{\pi}$, c'est-à-dire, quand $\delta = 17^\circ 39' 24''$. Pour des valeurs plus grandes de δ, D_p l'emporte sur D_e. Or, *du 10 mai au 2 août*, la déclinaison est supérieure à $17^\circ 39' 24''$; *il y a donc près de trois mois pendant lesquels le pôle reçoit chaque jour plus de chaleur qu'aucun point de l'équateur*. Le jour du solstice $\pi \operatorname{tang} \delta = 1,366$; ce jour-là, la chaleur équatoriale n'est pas les trois quarts de la chaleur polaire. Ces conclusions paradoxales s'expliquent, si l'on réfléchit que chaque point de l'équateur n'est exposé au Soleil que pendant douze heures, tandis que le pôle en reçoit les rayons pendant les vingt-quatre heures du jour.

7. Appelons D_m le maximum, D_μ le minimum de D, et r le rapport $\frac{D_m}{D_\mu}$. Nous aurons pour déterminer r les trois équations

$$\cos \lambda \cos \delta (\sin \varphi - \varphi \cos \varphi) = r.\pi \sin \delta,$$
$$\sin \varphi \cos \varphi + \varphi \operatorname{tang}^2 \delta = 0,$$
$$\cos \varphi + \operatorname{tang} \lambda \operatorname{tang} \delta = 0.$$

La seconde de ces équations convient, il est vrai, aussi bien au minimum qu'au maximum. Mais nous avons vu que, pour une valeur de δ, elle donne deux valeurs de φ, l'une inférieure, l'autre supérieure à $128^\circ 43' 36'',12$; et que toujours la première appartient au maximum et l'autre au minimum.

Substituons dans les deux dernières équations la valeur de $\operatorname{tang} \delta$ tirée de la première, elles deviennent

$$r^2\pi^2 \operatorname{tang} \varphi + \varphi \cos^2 \lambda (\operatorname{tang} \varphi - \varphi)^2 = 0$$
$$r\pi + \sin \lambda (\operatorname{tang} \varphi - \varphi) = 0.$$

Celle-ci peut s'écrire $r^2\pi^2 - \sin^2\lambda(\tang\varphi - \varphi)^2 = 0$, et en la retranchant de l'autre après l'avoir multipliée par φ, on trouve entre φ et r, l'équation

$$r^2\pi^2(\tang\varphi - \varphi) + \varphi(\tang\varphi - \varphi)^2 = 0.$$

Le facteur $(\tang\varphi - \varphi)$ ne peut s'annuler quand φ reste, comme ici, entre $\frac{\pi}{2}$ et π; on peut donc le supprimer et l'on a

$$r^2\pi^2 + \varphi(\tang\varphi - \varphi) = 0.$$

On tire de là

$$\pi^2\frac{d(r^2)}{d\varphi} = \frac{2\varphi\cos 2\varphi - \sin 2\varphi}{2\cos^2\varphi}.$$

Or, le numérateur du second membre, négatif pour $\varphi = \frac{\pi}{2}$, s'annule seulement comme nous l'avons vu [4], pour $\varphi = 128^\circ 43' 36'',12$. Il est donc négatif pour toute valeur de φ convenant réellement au maximum D_m. Il faut en conclure que r^2, et par conséquent r, diminue quand φ augmente. De plus, l'étude de la courbe auxiliaire nous a montré que le φ et le δ du maximum croissent et décroissent ensemble. Donc, *le rapport* r *décroît quand* δ *augmente.*

Cherchons maintenant la valeur unique de φ, et par suite de δ et de λ, pour laquelle ce rapport est égal à l'unité. Il suffit pour cela de résoudre l'équation

$$\pi^2 + \varphi(\tang\varphi - \varphi) = 0$$

en rejetant la racine $\varphi = \pi$ comme appartenant au minimum. Elle devient, si l'on y pose $\varphi = \frac{\pi}{2} + \zeta$, afin d'avoir l'inconnue dans le premier quadrant,

$$\cot\zeta = \frac{\left(\frac{\pi}{2} - \zeta\right)\left(\frac{3\pi}{2} + \zeta\right)}{\frac{\pi}{2} + \zeta},$$

et se résout aisément, au moyen des tables, par des approxi-

mations successives. On trouve ainsi $\zeta = 16^\circ 0' 59'',75$, donc $\varphi = 106^\circ 0' 59'',75$. La seconde et la troisième des proposées deviennent en ζ

$$\tang^2 \delta = \frac{\sin 2\zeta}{2\left(\frac{\pi}{2} + \zeta\right)}, \quad \tang \lambda = \cot \delta \sin \zeta,$$

et donnent $\delta = 20^\circ 44' 9'',62$, $\lambda = 36^\circ 5' 5'',06$. Nous représenterons ces trois valeurs par les lettres φ_m, δ_m, λ_m.

Il est bon de remarquer que l'on a : $\varphi_m = \pi \sin \lambda_m$. Cette relation se trouve en comparant l'équation $\pi^2 + \varphi(\tang \varphi - \varphi) = 0$ avec $\pi + \sin \lambda (\tang \varphi - \varphi) = 0$, que l'on obtient en posant $r = 1$ dans $r\pi + \sin \lambda (\tang \varphi - \varphi) = 0$.

Du 23 mai au 19 juillet, δ dépasse $20^\circ 44' 9'',62$ et, par conséquent, pendant ces deux mois r est plus petit que l'unité, c'est-à-dire que, *pendant ces deux mois le pôle reçoit chaque jour plus de chaleur solaire qu'aucun autre point du globe.* La latitude $36^\circ 5' 5'',06$ est celle où se produit le maximum égal à la chaleur polaire.

8. Comparons maintenant, par le même procédé, la chaleur équatoriale D_e avec le minimum D_μ. Soit $\rho = \frac{D_\mu}{D_e}$; on aura les trois équations

$$\cos \lambda (\sin \varphi - \varphi \cos \varphi) = \rho,$$
$$\sin \varphi \cos \varphi + \varphi \tang^2 \delta = 0,$$
$$\cos \varphi + \tang \lambda \tang \delta = 0,$$

dans lesquelles on ne peut admettre pour φ que des valeurs supérieures à $128^\circ 43' 36'',12$.

On tire de la troisième

$$\cos^2 \lambda = \frac{\tang^2 \delta}{\tang^2 \delta + \cos^2 \varphi},$$

valeur qui substituée dans la première la change en

$$\tang^2 \delta \left[(\sin \varphi - \varphi \cos \varphi)^2 - \rho^2\right] = \rho^2 \cos^2 \varphi;$$

et par là, la seconde devient

$$\sin\varphi\cos\varphi\left[(\sin\varphi-\varphi\cos\varphi)^2-\rho^2\right]+\varphi\cdot\rho^2\cos^2\varphi=0$$

ou, en divisant par $\cos\varphi$ et transposant

$$\rho^2(\sin\varphi-\varphi\cos\varphi)=\sin\varphi(\sin\varphi-\varphi\cos\varphi)^2.$$

Le facteur $\sin\varphi-\varphi\cos\varphi=\cos\varphi\,(\text{tang}\,\varphi-\varphi)$ ne peut s'annuler pour des valeurs de φ comprises entre $128°$ et π; on le supprime et l'on a

$$\rho^2=\sin\varphi(\sin\varphi-\varphi\cos\varphi).$$

On tire de là

$$\frac{d(\rho^2)}{d\varphi}=\frac{1}{2}(\sin 2\varphi-2\varphi\cos 2\varphi).$$

Or, le second membre, négatif pour $\varphi=\pi$, ne s'annule, lorsque φ décroît, que pour $\varphi=128°43'36'',12$. Il est donc négatif pour toute valeur de φ convenant à un minimum D_μ. Il faut en conclure que ρ^2, et par conséquent ρ, diminue quand φ augmente; et puisque la courbe auxiliaire nous a montré que le φ et le δ du minimum varient en sens opposés, il s'ensuit que ρ *et* δ *croissent et décroissent ensemble.*

Cherchons maintenant la valeur unique de φ, et par suite de δ et de λ, pour laquelle ce rapport est égal à l'unité. Il suffit pour cela de résoudre l'équation

$$\sin\varphi(\sin\varphi-\varphi\cos\varphi)=1,$$

qui devient, en divisant par $\cos^2\varphi$

$$\text{tang}\,\varphi\,(\text{tang}\,\varphi-\varphi)=\frac{1}{\cos^2\varphi}=1+\text{tang}^2\varphi$$

ou

$$1+\varphi\,\text{tang}\,\varphi=0.$$

Posons, pour renfermer l'inconnue dans le premier quadrant, $\varphi=\frac{\pi}{2}+\zeta$, cette équation devient

$$\text{tang}\,\zeta=\frac{\pi}{2}+\zeta.$$

On trouve, par des approximations successives, $\zeta = 70°20'8'',56$; et, par conséquent, $\varphi = 160°20'8'',56$.

La seconde des proposées donne alors $\delta = 18°35'54'',66$, et la troisième $\lambda = 70°20'8'',56$. Nous représenterons ces valeurs par ζ_n, φ_n, δ_n, λ_n.

Cette dernière valeur montre que $\lambda_n = \zeta_n = \varphi_n - \frac{\pi}{2}$; et, en effet, en posant $\rho = 1$, la première équation devient $\cos\lambda_n(\sin\varphi_n - \varphi_n\cos\varphi_n) = 1$ qui, rapprochée de $\sin\varphi_n(\sin\varphi_n - \varphi_n\cos\varphi_n) = 1$, donne $\cos\lambda_n = \sin\varphi_n$. Par là, la troisième équation proposée donne $\text{tang}\,\delta_n = \sin\varphi_n = \cos\lambda_n$.

Du 13 mai au 29 juillet δ dépasse $18°35'54'',66$, et, par conséquent, pendant onze semaines ρ est plus grand que l'unité, c'est-à-dire que *pendant onze semaines les points de l'équateur sont de tout l'hémisphère ceux qui reçoivent chaque jour la moindre chaleur.* La latitude $70°20'8'',56$ est celle où se produit le minimum égal à la chaleur équatoriale.

9. Posons $R = \frac{D_m}{2K}$ en représentant ici par D_m le minimum aussi bien que le maximum de la chaleur diurne. Nous aurons les trois équations

$$\cos\lambda\cos\delta(\sin\varphi - \varphi\cos\varphi) = R,$$
$$\sin\varphi\cos\varphi + \varphi\,\text{tang}^2\delta = 0,$$
$$\cos\varphi + \text{tang}\,\lambda\,\text{tang}\,\delta = 0.$$

On tire de ces deux dernières

$$\cos^2\delta = \frac{2\varphi}{2\varphi - \sin 2\varphi} \qquad \cos^2\lambda = \frac{-\sin 2\varphi}{2\varphi\cos^2\varphi - \sin 2\varphi}$$

et en substituant dans la première élevée au carré,

$$R^2 = \frac{2\varphi\sin\varphi(\sin\varphi - \varphi\cos\varphi)}{2\varphi - \sin 2\varphi}.$$

On tire de là

$$\frac{d(R^2)}{d\varphi} = \frac{2(\varphi^2 - \sin^2\varphi)(\sin 2\varphi - 2\varphi\cos 2\varphi)}{(2\varphi - \sin 2\varphi)^2}.$$

Cette expression ne change de signe qu'avec le facteur ($\sin 2\varphi - 2\varphi \cos 2\varphi$), qui [4] ne s'annule dans le second quadrant que pour $\varphi = 128°43'36'',12$. Donc la dérivée de R^2, positive pour $\varphi = \frac{\pi}{2}$, reste telle jusqu'à ce que φ atteigne cette valeur. Au delà elle est négative. Donc R^2, et par conséquent R, croît d'abord, atteint un maximum à cette valeur de φ, et décroît ensuite jusqu'à $\varphi = \pi$. Or l'étude de la courbe auxiliaire nous a montré qu'il en est de même pour la déclinaison δ. Ainsi R et la déclinaison varient toujours dans le même sens. Par conséquent, *le maximum et le minimum*, abstraction faite de la variation de K, *croissent tous deux avec la déclinaison du soleil.* Pour la planète Vénus, dont l'excentricité est très-faible, on peut regarder K comme constant. Pour la terre, les changements du rayon vecteur introduisent dans la valeur de K des variations qui pourraient modifier très-légèrement l'énoncé précédent. Mais pour en tenir compte, il faudrait des calculs beaucoup plus compliqués.

10. Résolvons maintenant le double problème suivant : *Trouver, pour une valeur donnée de δ, les lieux où la chaleur diurne est égale à celle du pôle, et les lieux où elle est égale à celle de l'équateur.* Cela nous permettra de comparer rapidement, chaque jour, le pôle et l'équateur avec tous les autres points du globe. En effet, si nous ne considérons d'abord que le méridien auquel se rapporte la valeur choisie de δ, on y trouvera ordinairement deux valeurs de λ comme abscisses de deux points où la courbe des chaleurs, correspondante à cette valeur de δ, est rencontrée par la droite $y = 2K\pi \sin \delta$, c'est-à-dire par la droite horizontale menée à l'extrémité de l'ordonnée polaire. Entre ces deux points la chaleur diurne sera plus grande que celle du pôle, en dehors elle sera plus petite; et l'on aura ainsi comparé avec le pôle tous les points de ce méridien. On pourrait, en changeant légèrement δ, se transporter sur un autre méridien; mais, si l'on remarque que δ change très-peu en un demi-jour, on voit qu'on aura déjà une assez grande exactitude, en disant que la zone terrestre, comprise entre les deux parallèles déterminés par les valeurs trou-

vées de λ, renferme tous les lieux dont la chaleur diurne l'emporte ce jour-là sur celle du pôle, et que tout le reste de la terre n'a qu'une chaleur diurne inférieure à la chaleur polaire. Les mêmes considérations s'appliquent évidemment à la chaleur diurne des points de l'équateur.

Le premier problème revient à trouver les deux valeurs de λ qu'il faut joindre à la valeur donnée de δ pour vérifier les deux équations.

$$\cos \varphi + \operatorname{tang} \lambda \operatorname{tang} \delta = 0,$$

$$\cos \lambda \cos \delta (\sin \varphi - \varphi \cos \varphi) = \pi \sin \delta.$$

Avant de le résoudre numériquement pour chaque cas particulier, on peut établir quelques propositions générales.

1° Nous savons déjà [7] que si δ dépasse $\delta_m = 20°44'9'',62$, φ n'aura plus de valeur réelle; mais *pour toute valeur de δ inférieure à δ_m, φ aura deux valeurs, et deux valeurs seulement.* Cela résulte de la figure trouvée plus haut pour la courbe des chaleurs. Toujours alors le maximum de l'ordonnée s'élèvera au-dessus de la droite horizontale menée par l'extrémité de l'ordonnée polaire; et il n'y aura que deux intersections de la droite et de la courbe, puisqu'il n'y a en dehors du pôle qu'un seul maximum et un seul minimum, celui-ci toujours inférieur à l'ordonnée polaire. A chacune de ces intersections correspond une valeur, de λ et, par suite, de φ. Quand $\delta = \delta_m$, les deux intersections se réunissent et la droite est tangente en un point de la courbe. Appelons λ_m, φ_m les valeurs de λ, φ correspondantes à ce point.

2° *Ces valeurs de φ seront l'une inférieure, l'autre supérieure à δ_m.* En effet, si l'on élimine λ entre les deux équations proposées, il vient

$$\frac{\operatorname{tang} \delta}{\sqrt{\operatorname{tang}^2 \delta + \cos^2 \varphi}} (\sin \varphi - \varphi \cos \varphi) - \pi \operatorname{tang} \delta = 0.$$

On peut sans inconvénient supprimer le facteur tang δ; car le cas où il s'annule se rapporte à la comparaison de la chaleur équatoriale avec celle du pôle le jour de l'équinoxe, et ce cas a déjà été examiné. Si, après cette suppression, on pose $\varphi = \varphi_m$, le premier membre de l'équation précédente devient

$$\frac{\sin \varphi_m - \varphi_m \cos \varphi_m}{\sqrt{\operatorname{tang}^2 \delta + \cos^2 \varphi_m}} - \pi,$$

et nous savons que cette quantité serait nulle si à $\operatorname{tang}^2 \delta$ on substituait $\operatorname{tang}^2 \delta_m$. Donc puisque $\delta < \delta_m$, cette quantité est positive. Si, au contraire, on pose $\varphi = 0$, le premier membre devient négatif et égal à $-\pi$. *Il y a donc une racine entre* 0 *et* φ_m.

Si, enfin, on pose $\varphi = \pi$, il vient $\pi \cos \delta - \pi$, ce qui, de nouveau, est négatif. *Il y a donc une racine entre* φ_m *et* π.

3° En éliminant δ entre les proposées, on trouve

$$\sin \lambda \, (\varphi - \operatorname{tang} \varphi) = \pi.$$

d'où l'on tire

$$\frac{d\varphi}{d\lambda} = \frac{\cos \lambda . (\varphi - \operatorname{tang} \varphi)}{\sin \lambda \operatorname{tang}^2 \varphi} = \frac{\cos \lambda}{\operatorname{tang}^2 \varphi} \cdot \frac{\pi}{\sin^2 \lambda};$$

et par conséquent $\frac{d\varphi}{d\lambda}$ est toujours positif, ou, en d'autres termes, φ et λ varient dans le même sens. On peut donc conclure de la proposition précédente que *pour toute valeur de* δ *inférieure à* δ_m, *il y a deux valeurs de* λ, *l'une comprise entre* λ_m *et* $\frac{\pi}{2}$, *l'autre entre* λ_m *et* $-\frac{\pi}{2}$.

11 Disons maintenant comment on peut résoudre numériquement les deux équations proposées [10].

En éliminant φ entre ces deux équations, on aurait une équation entre δ et λ qu'il faudrait ensuite résoudre numériquement par rapport à λ après avoir remplacé δ par la valeur choisie. Mais φ entrant dans une des deux équations par lui-même et par ses fonctions circulaires, l'élimination nous mènerait à des formules

compliquées d'*arc cos.* qu'il vaut mieux éviter. On pourrait éliminer λ, et l'on aurait aisément une équation entre φ et δ qui permettrait de trouver la valeur numérique de φ, et de calculer ensuite λ par la première des proposées. Mais il faut remarquer qu'on ne pourrait d'abord déterminer φ que par des approximations. Or φ étant ici une simple auxiliaire, il faut réserver l'approximation pour l'inconnue principale λ; par une marche différente, on s'exposerait à rechercher parfois une précision inutile, et dans tous les cas le degré d'exactitude de la valeur trouvée pour λ serait moins facile à apprécier.

Nous supposerons donc que nous avons une *valeur approchée* de λ, et nous allons rechercher le moyen de calculer la *valeur exacte* ou, ce qui revient au même, la *correction.*

Par *valeur approchée* nous entendons une valeur dont la *correction* est assez petite pour que son carré soit de l'ordre des grandeurs qu'on néglige dans le calcul numérique; par *valeur exacte* une valeur dont l'erreur est elle-même de cet ordre.

Représentons par λ cette valeur approchée, par $d\lambda$ la correction et par $\lambda + d\lambda$ la valeur exacte.

On *déterminera* φ *par l'équation* $\cos\varphi + \operatorname{tang}\lambda \operatorname{tang}\delta = 0$, et ces valeurs de φ, λ, δ seront substituées dans le premier membre de la seconde équation mise sous la forme

$$\frac{\cos\lambda\cos\delta(\sin\varphi - \varphi\cos\varphi)}{\pi\sin\delta} = 1.$$

Représentons par X la fonction qui forme le premier membre (fonction d'une seule variable indépendante, puisque δ est donné et que φ et λ sont liés par la première équation). La substitution des valeurs précédentes ne rendra pas le premier membre égal au second. Soit ε la différence; on aura donc pour ces valeurs

$$X = 1 + \varepsilon.$$

Si maintenant on représente par $\frac{dX}{d\lambda}$ la dérivée de X en y

considérant φ comme une fonction de λ, on aura *pour les mêmes valeurs* : $X + \frac{dX}{d\lambda} d\lambda = 1$ et par suite

$$\frac{dX}{d\lambda} d\lambda = -\varepsilon\,;$$

et comme $\frac{dX}{d\lambda}$ est, en général, de l'ordre dont on ne néglige ni le carré, ni la première puissance, on voit que ε est du même ordre que $d\lambda$.

On a d'ailleurs, au second ordre près, $\varepsilon = \frac{\log X}{\log e}$ et par conséquent l'équation de correction devient

$$\log e \cdot \frac{dX}{d\lambda} \cdot d\lambda = -\log X.$$

Il reste à décrire le calcul de $\frac{dX}{d\lambda}$ et de $\log X$.

On a d'abord

$$X = \frac{\cos\lambda\,(\sin\varphi - \varphi\cos\varphi)}{\pi\,\mathrm{tang}\,\delta}\,;$$

et en éliminant δ par l'équation $\cos\varphi + \mathrm{tang}\,\lambda\,\mathrm{tang}\,\delta = 0$

$$X = \frac{\sin\lambda\,(\varphi - \mathrm{tang}\,\varphi)}{\pi}\,;$$

d'où

$$\pi\frac{dX}{d\lambda} = \cos\lambda\,(\varphi - \mathrm{tang}\,\varphi) - \sin\lambda\,\mathrm{tang}^2\varphi\,\frac{d\varphi}{d\lambda}.$$

Pour éliminer $\frac{d\varphi}{d\lambda}$, on différentiera la première des proposées. Elle donne

$$\sin\varphi\,\frac{d\varphi}{d\lambda} = \frac{\mathrm{tang}\,\delta}{\cos^2\lambda} = \frac{-\cos\varphi}{\sin\lambda\cos\lambda}\,,$$

et, par conséquent,

$$\pi\frac{dX}{d\lambda} = \cos\lambda\,(\varphi - \mathrm{tang}\,\varphi) + \frac{\mathrm{tang}\,\varphi}{\cos\lambda}$$

$$= \frac{\varphi}{\cos\lambda} - \frac{(\varphi - \mathrm{tang}\,\varphi)\sin^2\lambda}{\cos\lambda} = \frac{\varphi}{\cos\lambda} - \pi X\,\mathrm{tang}\,\lambda.$$

Or pour les valeurs approchées, on a $X = 1 + \varepsilon$; mais comme dans l'équation $\frac{dX}{d\lambda} d\lambda = -\varepsilon$ on néglige les quantités du second ordre, on peut dans la valeur de $\frac{dX}{d\lambda}$ remplacer X par l'unité, et l'on obtient ainsi

$$\frac{dX}{d\lambda} = \frac{\varphi}{\pi \cos \lambda} - \operatorname{tang} \lambda.$$

Pour rendre X calculable par logarithmes, posons d'abord $\varphi = \frac{\pi}{2} + \zeta$. Les trois angles seront alors compris entre 0° et 90°; seulement ζ et λ pourront être positifs ou négatifs, mais il est bon de remarquer qu'ils seront toujours tous deux de même signe, en vertu de l'équation $\cos \varphi + \operatorname{tang} \lambda \operatorname{tang} \delta$, qui devient

$$\sin \zeta = \operatorname{tang} \lambda \operatorname{tang} \delta.$$

X devient par ce changement

$$X = \frac{\cos \lambda \left[\cos \zeta + \left(\frac{\pi}{2} + \zeta \right) \sin \zeta \right]}{\pi \operatorname{tang} \delta} = \frac{\sin \lambda \left(\frac{\pi}{2} + \zeta + \cot \zeta \right)}{\pi}.$$

Posons $\frac{\pi}{2} + \zeta = \operatorname{tang} \psi$, il vient

$$X = \frac{\cos \lambda \cos (\psi - \zeta)}{\pi \operatorname{tang} \delta \cos \psi} = \frac{\sin \lambda \cos (\psi - \zeta)}{\pi \sin \zeta \cos \psi}.$$

Pour calculer $\frac{dX}{d\lambda}$ par logarithmes, posons

$$\varphi = M\pi \sin \lambda,$$

d'où

$$M = \frac{\frac{\pi}{2} + \zeta}{\pi \sin \lambda};$$

il vient

$$\frac{dX}{d\lambda} = (M - 1) \operatorname{tang} \lambda;$$

de sorte qu'enfin on aura pour calculer la correction $d\lambda$

$$(1 - M) \operatorname{tang} \lambda \log e \, d\lambda = \log X.$$

Mais, pratiquement, il faut encore faire subir deux changements à cette formule. En effet, $d\lambda$ y est supposé exprimé en parties du rayon; pour l'obtenir exprimé en secondes, c'est-à-dire par un nombre $\frac{648000}{\pi}$ fois plus grand, il faut multiplier son coefficient par $\frac{\pi}{648000}$. De plus, au lieu de la petite fraction log X, on prendra l'entier formé par les décimales de cette fraction, c'est-à-dire un nombre 10^7 fois plus fort. Il faut donc multiplier par 10^7 le coefficient de $d\lambda$. Le premier membre de l'équation de correction aura donc en définitive un facteur $\mu = \frac{\log e \,.\, \pi \,.\, 10^7}{648000}$, qui reste le même pour toutes les valeurs de δ. Cette équation est donc

$$\mu (1 - M) \operatorname{tang} \lambda \, (d\lambda) = (\log X),$$

où l'on voit ce que signifient ($d\lambda$) et (log X). Le logarithme de μ est 1,3233592.

$\frac{dX}{d\lambda}$ *change de signe seulement pour* $\lambda = \lambda_m$. En effet, nous avons trouvé

$$\frac{dX}{d\lambda} = \frac{\varphi - \pi \sin \lambda}{\pi \cos \lambda}.$$

Or, tant que λ est négatif, cette quantité est évidemment positive; pour $\lambda = 0$ on a $\varphi = \frac{\pi}{2}$ et $\frac{dX}{d\lambda} = \frac{1}{2}$; λ continuant à croître, cette quantité reste positive jusqu'à ce que $\varphi = \pi \sin \lambda$, ce qui a lieu, comme nous l'avons vu [7], lorsque $\delta = \delta_m$ ($\varphi_m = \pi \sin \lambda_m$) et ne peut avoir lieu qu'alors; car l'équation $\varphi = \pi \sin \lambda$ jointe aux deux proposées détermine à la fois δ, φ et λ, et leur donne les valeurs δ_m, φ_m, λ_m. Il est vrai que $\frac{dX}{d\lambda}$ s'annule encore pour $\varphi = \pi$, $\lambda = \frac{\pi}{2}$; mais elle ne change pas de signe alors, parce que c'est une limite.

Il s'ensuit que pour la première valeur de λ, plus grande que λ_m, $(d\lambda)$ et $(\log X)$ sont de mêmes signes, puisque

$$\frac{dX}{d\lambda} - \log e\, d\lambda = -\log X,$$

et que pour la seconde valeur, plus petite que λ_m, ces quantités sont de signes contraires.

Voici le type du calcul logarithmique :

$\log \text{tang}\ \delta = \ldots\ldots\ldots$
$\log \text{tang}\ \lambda = \ldots\ldots\ldots$

$\log \sin \zeta = \text{somme},\ \zeta = \ldots\ldots,\ \left(\frac{\pi}{2} + \zeta\right)' = \ldots.',\ldots$

$\log \frac{\pi}{10800} = 6.4637261$
$\log \left(\frac{\pi}{2} + \zeta\right)' = \ldots\ldots\ldots$

$\log \text{tang}\ \psi = \text{somme},\quad \psi = \ldots.,\ \psi - \zeta = \ldots..$

$\log \sin \lambda = \ldots\ldots\ldots$
$\log \cos(\psi - \zeta) = \ldots\ldots\ldots$

$S = \text{somme}$

$\log \pi = 0.4971499$
$\log \sin \zeta = \ldots\ldots\ldots$
$\log \cos \psi = \ldots\ldots\ldots$

$S' = \text{somme},\ (\log X) = (S - S')\,10^7 = \pm\ldots.$

$\text{comp}^t \log 10800 = 5.96658$
$\log \left(\frac{\pi}{2} + \zeta\right)' = \ldots\ldots.$
$\text{comp}^t \log \sin \lambda = \ldots\ldots.$

$\log M = \text{somme},\ 1 - M = \ldots..$

$\log (1 - M) = \ldots\ldots.$
$\log \text{tang}\ \lambda = \ldots\ldots.$
$\log \mu = 1.52336$

$\log \text{coeff}^t = \text{somme}$

$\text{comp}^t \log \text{coeff}^t = \ldots\ldots.$
$\log (\log X) = \ldots\ldots.$

$\log (d\lambda) = \text{somme},\ (d\lambda) = \pm\ldots$

Remarques. 1° Pour le second calcul il suffit de cinq décimales; et les logarithmes s'empruntent au premier.

2° Quand λ et ζ seront négatifs, c'est-à-dire pour la seconde valeur de λ avec un δ inférieur à 17° 39′ 24″ [6], il sera bon de changer le signe de ζ dans $\left(\frac{\pi}{2} + \zeta\right)'$ et $(\psi - \zeta)$.

3° C'est seulement quand λ sera très-petit, ce qui ne se pré

sente que dans la seconde valeur de λ, qu'il faudra employer la formule $X = \frac{\cos\lambda \cos(\psi - \zeta)}{\pi \tang \delta \cos \psi}$; parce que cette formule ne fournit pas immédiatement le log sin λ dont on a besoin pour le second calcul.

4° Pour apprécier l'exactitude que les tables permettent, il faudra supposer l'erreur maximum dans (log X) et la diviser par le coefficient de $(d\lambda)$. Il n'y a que bien peu de cas où l'on ne puisse, au moyen des tables, calculer λ jusqu'aux secondes et même jusqu'aux dixièmes de secondes.

5° La formule de correction ne doit donner une *valeur exacte* que dans le cas où $d\lambda^2$ et ε^2 sont réellement de l'ordre des quantités qu'on néglige dans le calcul numérique. Or $\varepsilon = \frac{\log X}{\log e}$ ou à peu près $\frac{5}{2}\log X$. Il faudra donc que le carré $\frac{25}{4}\log^2 X$ ou, à peu près, $6 \log^2 X$ soit au-dessous du septième ordre décimal, c'est-à-dire que log X n'ait au plus que trois chiffres significatifs; car alors son carré est inférieur à 0,00000001. De plus, si le chiffre des dizaines de secondes est exact dans λ, on aura une valeur suffisamment approchée. Car alors $(d\lambda) < 10''$, c'est-à-dire $< 0{,}00005$, dont le carré 0,0000000025 est inférieur à 0'',0005. Si ces conditions n'étaient pas remplies, il faudrait considérer $(d\lambda)$ comme donnant, non la valeur exacte, mais une valeur *plus approchée.*

6° Enfin, pour trouver une *valeur approchée*, on remarquera que dans le cas où l'on construit une table de λ pour des valeurs équidistantes de δ, les premières solutions trouvées fourniront bientôt par leurs différences des valeurs suffisamment approchées des suivantes; et dans tous les cas le procédé que nous venons de décrire fournit toujours une valeur *plus approchée*, quand il ne fournit pas la valeur exacte. Il suffira donc de recommencer le calcul avec cette seconde valeur. En général, dans la valeur approchée on ne conservera pour λ que les dizaines de secondes. Cela simplifie la recherche des logarithmes de sin λ et de tang λ, et dispense de recourir à la formule où se trouve cos λ.

12. Traitons de la même manière le second problème : *Trouver les parallèles où la chaleur diurne, pour une valeur donnée de δ, est égale à celle de l'équateur.* Avant de le résoudre numériquement pour chaque cas particulier, on peut établir quelques propositions générales.

1° On sait déjà [8] que si δ dépasse $\delta_n = 18°35'54'',66$, il n'y aura aucune solution, parce qu'alors la droite horizontale menée à l'extrémité de l'ordonnée équatoriale est d'un côté toujours au-dessus, de l'autre toujours au-dessous de la courbe des chaleurs diurnes. Mais *pour toute valeur de δ inférieure à δ_n il y aura une première intersection de ces deux lignes* entre le maximum qui est toujours au-dessus de la droite, et le minimum qui est alors au-dessous. De plus, dans les mêmes conditions, tant que la chaleur polaire sera plus forte que la chaleur équatoriale, c'est-à-dire [6] lorsque δ, plus faible que δ_n sera supérieur à 17°39'24'', il y aura une seconde intersection entre le minimum et le pôle.

Occupons-nous d'abord de la première.

2° *La valeur correspondante de φ sera comprise entre $\frac{\pi}{2}$ et φ_n.* En effet, cette valeur de φ est déterminée par les deux équations

$$\cos\varphi + \tang\lambda \tang\delta = 0,$$
$$\cos\lambda(\sin\varphi - \varphi\cos\varphi) = 1.$$

Or, si l'on élimine λ entre ces deux équations il vient

$$\frac{1}{\sqrt{1 + \frac{\cos^2\varphi}{\tang^2\delta}}}(\sin\varphi - \varphi\cos\varphi) - 1 = 0.$$

Le premier membre serait nul, si l'on y posait $\delta = \delta_n, \varphi = \varphi_n$; donc lorsqu'on y pose $\varphi = \varphi_n$ avec un $\delta < \delta_n$ il est *négatif*. Si, au contraire, on donne à φ une valeur aussi peu supérieure qu'on le voudra à $\frac{\pi}{2}$, par exemple $\varphi = \frac{\pi}{2} + h$, h étant une quantité dont on néglige toutes les puissances supérieures à la première, et pour laquelle on peut écrire $\sin\varphi = 1$, $\cos\varphi = -h$ et

$\sin\varphi - \varphi\cos\varphi = 1 + \frac{\pi}{2}h$, le premier membre devient $1 + \frac{\pi}{2}h - 1$, et par suite est *positif*. Il y a donc une racine comprise *entre* $\frac{\pi}{2}$ et φ_n. — Ce même premier membre s'annule, il est vrai, pour $\varphi = \frac{\pi}{2}$; mais cela signifie que la droite rencontre la courbe au sommet de l'ordonnée équatoriale, ce qui est dans les données mêmes de la question.

3° La seconde des proposées donne

$$\frac{d\varphi}{d\lambda} = \operatorname{tang}\lambda \,.\, \varphi \frac{\sin\varphi - \varphi\cos\varphi}{\sin\varphi} = \operatorname{tang}\lambda \,.\, \varphi \frac{\operatorname{tang}\varphi - \varphi}{\operatorname{tang}\varphi}.$$

$\frac{d\varphi}{d\lambda}$ est donc toujours positif quand φ est compris entre $\frac{\pi}{2}$ et π; car alors λ est compris entre 0 et $\frac{\pi}{2}$. Donc φ et λ varient dans le même sens. Donc, en vertu de la proposition précédente, *la valeur de* λ *dont nous nous occupons est comprise entre* 0 *et* λ_n.

13. Disons comment au moyen d'une valeur approchée λ on peut calculer la valeur exacte $\lambda + d\lambda$.

On déterminera φ par l'équation $\cos\varphi + \operatorname{tang}\lambda \operatorname{tang}\delta = 0$, et l'on substituera ces valeurs de λ et de φ avec δ dans la fonction

$$X = \cos\lambda\,(\sin\varphi - \varphi\cos\varphi).$$

Par cette substitution X devient $1 + \varepsilon$ et l'on a

$$\frac{dX}{d\lambda}\,d\lambda = -\varepsilon.$$

Or

$$\frac{dX}{d\lambda} = -\sin\lambda\,(\sin\varphi - \varphi\cos\varphi) + \cos\lambda\,.\,\varphi\sin\varphi\frac{d\varphi}{d\lambda},$$

et

$$\sin\varphi\frac{d\varphi}{d\lambda} = \frac{\operatorname{tang}\delta}{\cos^2\lambda} = \frac{-\cos\varphi}{\sin\lambda\cos\lambda};$$

donc

$$\frac{dX}{d\lambda} = -\sin\lambda\,(\sin\varphi - \varphi\cos\varphi) - \frac{\varphi\cos\varphi}{\sin\lambda} = \frac{\cos\lambda\,.\,X - \sin\varphi}{\sin\lambda}.$$

On peut, dans cette expression, poser X = 1, donc

$$\frac{dX}{d\lambda} = \frac{\cos\lambda - \sin\varphi}{\sin\lambda} = \frac{2\sin\frac{1}{2}(\zeta+\lambda)\sin\frac{1}{2}(\zeta-\lambda)}{\sin\lambda},$$

formule bien facile à calculer et dans laquelle, comme précédemment, $\zeta = \varphi - \frac{\pi}{2}$.

On a d'ailleurs $\varepsilon = \frac{\log X}{\log e}$, donc l'équation de correction devient

$$\frac{2\log e \sin\frac{1}{2}(\lambda+\zeta)\sin\frac{1}{2}(\lambda-\zeta)}{\sin\lambda}\,d\lambda = \log X,$$

ou en employant les notations du problème précédent

$$2\mu\,\frac{\sin\frac{1}{2}(\lambda+\zeta)\sin\frac{1}{2}(\lambda-\zeta)}{\sin\lambda}\,(d\lambda) = (\log X).$$

$\log 2\mu = 1\,.\,6243892$; mais il suffira d'employer cinq décimales pour cette formule.

Le coefficient de $(d\lambda)$ ne peut changer de signe que pour $\lambda = \zeta = \varphi - \frac{\pi}{2}$. Or, d'après ce que nous avons vu [8] l'équation $\varphi = \frac{\pi}{2} + \lambda$ jointe aux deux proposées exige que $\delta = \delta_n$, $\varphi = \varphi_n$, $\lambda = \lambda_n$. Ce coefficient gardera donc toujours le même signe pour la première valeur de λ, qui est inférieure à λ_n. Il est aisé de voir que ce signe est positif; car en prenant λ assez petit pour qu'on puisse négliger λ^2, l'équation $\cos\varphi + \operatorname{tang}\lambda \operatorname{tang}\delta = 0$ donne $\sin\zeta = \lambda \operatorname{tang}\delta$, donc $\zeta = \lambda \operatorname{tang}\delta$ donc $\zeta < \lambda$ et par suite $\sin\frac{1}{2}(\lambda - \zeta)$ et tout le coefficient de $(d\lambda)$ sont positifs. Donc, enfin, $(d\lambda)$ aura toujours le même signe que $(\log X)$.

Voici le type du calcul logarithmique :

$\log \text{ tang } \delta = \ldots\ldots\ldots$
$\log \text{ tang } \lambda = \ldots\ldots\ldots$

$\log \sin \zeta = \text{somme}, \quad \zeta = \ldots.., \left(\frac{\pi}{2}+\zeta\right)' = \ldots .', \ldots$
$\frac{1}{2}(\lambda+\zeta) \ldots, \frac{1}{2}(\lambda-\zeta) = \ldots$

$\log \left(\frac{\pi}{10800}\right) = 6.4637261$
$\log \left(\frac{\pi}{2}+\zeta\right)' = 3. \ldots\ldots.$

$\log \text{ tang } \psi = \text{somme}, \quad \psi = \ldots. , \psi - \zeta = \ldots..$

$\log \cos \lambda = \ldots\ldots\ldots$
$\log \cos (\psi - \zeta) = \ldots\ldots\ldots$

somme

$- \log \cos \psi = \ldots\ldots\ldots$
$\log X = \pm \text{différence}$

$\log (\log X) = \ldots\ldots$
$\log \sin \lambda = \ldots\ldots.$
$\text{comp}^t \log \sin \frac{\lambda+\zeta}{2} = \ldots\ldots.$
$\text{comp}^t \log \sin \frac{\lambda-\zeta}{2} = \ldots\ldots.$
$\text{comp}^t \log 2\mu = 8.37561$

$\log (d\lambda) = \text{somme}, \quad (d\lambda) = \pm \ldots.$

Quant à la seconde intersection, elle ne peut se présenter, comme nous l'avons vu, que pour une valeur de δ intermédiaire entre 17°39′24″ et $\delta_n = 18°35'54'',66$, mais si ce δ est très-près de la première limite, l'intersection sera très-voisine du pôle et, par suite, dans la portion polaire de la courbe qui a pour équation $y = 2K\pi \sin \lambda \sin \delta$; si, au contraire, δ est très-près de la limite δ_n, l'intersection se trouvera dans la portion équatoriale, qui a pour équation $y = 2K \cos \lambda \cos \delta \, (\sin \varphi - \varphi \cos \varphi)$. Il est très-facile de distinguer et de résoudre ces deux cas. Le premier n'a lieu que lorsque $\frac{\pi}{2} - \lambda \leq \delta$, λ étant racine de $\cos \delta = \pi \sin \lambda \sin \delta$. Or $\frac{\pi}{2} - \lambda \leq \delta$ donne $\cos \delta \leq \sin \lambda$, donc il faut que $\pi \sin \delta \leq 1$, c'est-à-dire $\sin \delta \leq \frac{1}{\pi}$. Cela donne δ *au plus* égal à 18°33′38″,68. Ainsi quand δ sera compris entre 17°39′24″ et 18°33′38″,68, on calculera la latitude λ de la seconde intersection par la formule

$$\sin \lambda = \frac{\cot \delta}{\pi};$$

et lorsque δ sera compris entre 18°33′38″,68 et 18°35′54″,66, on la calculera par le système

$$\cos \varphi + \text{tang } \lambda \text{ tang } \delta = 0, \quad \cos \lambda \, (\sin \varphi - \varphi \cos \varphi) = 1$$

en donnant à λ une valeur approchée supérieure à λ_n. Ce sera exactement le même calcul que pour la première intersection. Seulement comme $\lambda - \zeta$ sera négatif, $\frac{dX}{d\lambda}$ le sera aussi, et par suite $(d\lambda)$ et $(\log X)$ seront de signes contraires. Il est clair d'ailleurs que, dans ce cas, l'intervalle étant si petit, on pourra prendre pour valeur approchée celle que donnerait l'équation $\sin\lambda = \frac{\cot\delta}{\pi}$.

14. Les calculs numériques relatifs au maximum sont très-faciles. On a les trois équations

$$\sin 2\varphi + 2\varphi \operatorname{tang}^2\delta = 0,$$

$$\cos\varphi + \operatorname{tang}\lambda \operatorname{tang}\delta = 0,$$

$$\frac{D}{K} = 2\cos\lambda\cos\delta(\sin\varphi - \varphi\cos\varphi).$$

dans lesquelles nous supposons que la valeur de δ soit donnée. φ n'est qu'une auxiliaire, mais comme elle se trouve liée avec les deux inconnues principales, il faudra ordinairement en déterminer la *valeur exacte;* et comme elle entre seule dans la première équation, c'est sur elle que nous ferons porter le calcul par approximation. Les deux autres inconnues s'obtiendront ensuite directement.

Il y a deux manières de faire ce premier calcul. En posant

$$X = -\frac{2\varphi \operatorname{tang}^2\delta}{\sin 2\varphi},$$

on aurait

$$\frac{dX}{d\varphi} = \frac{X}{\varphi} - 2X\cot 2\varphi = \frac{1}{\varphi} 2\cot 2\varphi$$

et l'on conduirait ensuite le calcul comme dans les deux problèmes précédents. Mais le procédé des différences logarithmiques est beaucoup plus rapide et tout aussi exact. Il faudra donc le préférer. On posera $2\varphi = \pi + \theta$, $(\theta = 2\zeta)$, et l'on aura pour première formule, $\frac{\sin\theta}{\pi+\theta} = \operatorname{tang}^2\delta$, c'est-à-dire

$$\frac{10800}{\pi} \cdot \frac{\sin\theta}{(\pi + \theta)'} = \operatorname{tang}^2\delta.$$

Voici un exemple de ce calcul pour $\delta = 23°$, avec une valeur approchée $\theta = 45°3'0''$.

		Différence pour 6″.	
$\log \frac{10800}{\pi}$	$= 3.5362739$	......	
log sing θ	$= 9.8498637$	+ 126	$(d\theta) = -\frac{35 \times 6''}{94} = -2'',23;$
compt log $(\pi + \theta)'$	$= 5.8695697$	— 32	
	9.2557073	+ 94	donc $\theta = 45°2'57'',77$, $\zeta = 22°31'28'',88$,
log tang$^2 \delta$	$= 9.2557038$		$\varphi = 112°31'28'',88$.
	— 35		

L'exactitude du résultat peut s'apprécier par la seule inspection des différences tabulaires qui varient plus ou moins entre la valeur approchée et la valeur corrigée.

Avec la valeur exacte de φ, on calculera λ et $\frac{D}{K}$ par les deux autres équations. $\frac{D}{K}$ ne dépend que de δ; mais il n'en est pas de même de D, parce que K varie avec le rayon vecteur de l'orbite. Mais après avoir réduit $\frac{D}{K}$ en tables pour une série de valeurs de δ, il sera facile de calculer D numériquement en prenant le rayon vecteur dans les tables du Soleil. Quant à $\frac{D}{K}$, en posant $\varphi = \frac{\pi}{2} + \zeta = \text{tang}\,\psi$, on trouve pour le calcul logarithmique $\frac{D}{K} = 2\,\frac{\cos\lambda \cos\delta \cos(\psi - \zeta)}{\cos\psi}$.

Le minimum et le maximum se calculent par les mêmes formules. Seulement pour chaque valeur de δ, il faut donner à θ deux valeurs approchées très-différentes. L'une mène à un φ inférieur à $128°43'36'',12$, et correspond au maximum [4]; l'autre donne un φ supérieur à cette limite et correspond au minimum.

15. Les points d'inflexion de la courbe des chaleurs diurnes n'ont pas en eux-mêmes une signification physique fort importante; ils correspondent aux points dans le voisinage desquels les variations de la chaleur diurne sont proportionnelles aux variations de la latitude. Mais leur connaissance est fort utile pour la construction même de la courbe, c'est-à-dire pour la représentation graphique de la distribution calorifique tout le long du mé-

ridien. Il faut donc en faire ici la théorie, et en indiquer le calcul pour toute valeur de la déclinaison δ.

La *portion équatoriale* de la courbe a pour ordonnée

$$D = 2K \cos\delta \cos\lambda (\sin\varphi - \varphi\cos\varphi),$$

et comme pour une courbe donnée K et δ sont constants, si nous posons

$$D' = \cos\lambda (\sin\varphi - \varphi\cos\varphi),$$

la condition d'inflexion sera que $\frac{d^2D'}{d\lambda^2}$ change de signe. Or, on a

$$\frac{dD'}{d\lambda} = -\sin\lambda(\sin\varphi - \varphi\cos\varphi) + \cos\lambda\,.\,\varphi\sin\varphi\frac{d\varphi}{d\lambda}.$$

Et comme φ est lié à λ par l'équation $\cos\varphi + \operatorname{tang}\lambda \operatorname{tang}\delta = 0$,

$$\frac{d\varphi}{d\lambda} = \frac{\operatorname{tang}\delta}{\sin\varphi\cos^2\lambda} = \frac{-\cos\varphi}{\sin\varphi\,.\sin\lambda\cos\lambda}.$$

Donc

$$\frac{dD'}{d\lambda} = -\sin\lambda(\sin\varphi - \varphi\cos\varphi) - \varphi\frac{\cos\varphi}{\cos\lambda}.$$

En différentiant de nouveau, et remplaçant encore $\frac{d\varphi}{d\lambda}$ par sa valeur, on trouve d'abord

$$\frac{d^2D'}{d\lambda^2} = \frac{\cos^2\varphi}{4\sin\varphi\sin^2\lambda\cos\lambda}\left[4 - \sin^2 2\lambda \operatorname{tang}\varphi(\operatorname{tang}\varphi - \varphi)\right];$$

et comme $\frac{\cos^2\varphi}{\sin^2\lambda} = \frac{\operatorname{tang}^2\delta}{\cos^2\lambda}$,

$$\frac{d^2D'}{d\lambda^2} = \frac{\operatorname{tang}^2\delta}{4\cos^3\lambda\,.\sin\varphi}\left[4 - \sin^2 2\lambda \operatorname{tang}\varphi(\operatorname{tang}\varphi - \varphi)\right].$$

La *portion polaire* de la courbe a pour ordonnée

$$D = 2K\pi\sin\lambda\sin\delta,$$

qui donne $\frac{d^2D}{d\lambda^2} = -2K\pi\sin\lambda\sin\delta$. Cette dérivée est toujours

négative; donc la portion polaire est toujours *concave* vers l'axe des abscisses.

Mais si dans $\frac{d^2D'}{d\lambda^2}$ on donne à φ des valeurs suffisamment voisines de π, cette quantité sera positive. Donc dans le voisinage de la portion polaire, la portion équatoriale est toujours *convexe* vers l'axe des abscisses. Or nous avons vu [4] qu'au point de jonction les deux portions ont la même tangente; donc ce point de jonction est toujours un point d'inflexion.

Quant aux inflexions de la portion équatoriale, remarquons d'abord que le premier facteur de $\frac{d^2D'}{d\lambda^2}$ ne change jamais de signe. En effet, il ne s'annule que pour $\delta = 0$, et alors $\frac{d^2D'}{dy^2}$ se présente, pour toute valeur de λ, sous la forme $0 \times \infty$; c'est un cas limite qui sera examiné plus loin, ce n'est pas un changement de signe correspondant à une variation continue de la latitude. Ce même facteur peut aussi devenir infini, mais seulement pour les deux extrémités de la portion équatoriale, où l'on a $\varphi = 0$ ou $\varphi = \pi$; ici encore il n'y a pas de changement de signe. Entre ces deux limites, ce premier facteur est constamment positif.

La condition d'inflexion se réduit donc au changement de signe du second facteur

$$4 - 2 \sin^2 2\lambda \operatorname{tang} \varphi (\operatorname{tang} \varphi - \varphi).$$

Éliminons λ de ce facteur par l'équation $\cos\varphi + \operatorname{tang}\lambda \operatorname{tang}\delta = 0$, qui donne

$$\sin^2 2\lambda = \frac{4 \cos^4 \varphi \operatorname{tang}^4 \delta}{(\operatorname{tang}^2 \delta + \cos^2 \varphi)^2},$$

il devient

$$\frac{(\operatorname{tang}^2 \delta + \cos^2 \varphi)^2 - \operatorname{tang}^2 \delta \sin \varphi (\sin \varphi - \varphi \cos \varphi)}{(\operatorname{tang}^2 \delta + \cos^2 \varphi)^2}.$$

Le dénominateur ne devient nul que dans le cas limite $\delta = 0$, qui sera traité plus loin. On peut donc dire que cette expression ne change de signe qu'avec son numérateur; et celui-ci ne peut changer de signe qu'en passant par zéro.

16. Pour savoir dans quelles conditions cela se produit pour chaque valeur de δ, étudions une nouvelle courbe auxiliaire ayant pour équation

$$(y + \cos^2\varphi)^2 = y \sin\varphi (\sin\varphi - \varphi\cos\varphi),$$

les axes étant rectangulaires, et φ se comptant sur l'axe des abscisses de $\varphi = 0$ à $\varphi = \pi$.

1° *Cette courbe est tout entière comprise entre les deux ordonnées menées par* $\varphi' = 69°39'54'',40$ *et par* $\varphi'' = 130°43'19'',62$. *Toute ordonnée intermédiaire la rencontre en deux points et en deux points seulement.*

En effet, l'équation peut s'écrire

$$y^2 - 2y\left[\tfrac{1}{2}\sin\varphi(\sin\varphi - \varphi\cos\varphi) - \cos^2\varphi\right] + \cos^4\varphi = 0,$$

et l'on trouve en la résolvant par rapport à y

$$y = \tfrac{1}{2}\sin\varphi(\sin\varphi - \varphi\cos\varphi) - \cos^2\varphi$$
$$\pm\sqrt{\sin\varphi(\sin\varphi - \varphi\cos\varphi)\left[\tfrac{1}{4}\sin\varphi(\sin\varphi - \varphi\cos\varphi) - \cos^2\varphi\right]}.$$

Entre les limites $\varphi = 0$ et $\varphi = \pi$, le facteur $\sin\varphi(\sin\varphi - \varphi\cos\varphi)$ qui est égal à $\cos^2\varphi \operatorname{tang}\varphi(\operatorname{tang}\varphi - \varphi)$ est toujours positif. La condition nécessaire et suffisante pour que les valeurs de y soient réelles est donc

$$\tfrac{1}{4}\sin\varphi(\sin\varphi - \varphi\cos\varphi) - \cos^2\varphi > 0,$$

c'est-à-dire

$$\operatorname{tang}\varphi(\operatorname{tang}\varphi - \varphi) > 4.$$

Or il y a évidemment une valeur unique entre 0 et $\frac{\pi}{2}$, et une autre seulement entre $\frac{\pi}{2}$ et π pour lesquelles $\operatorname{tang}\varphi(\operatorname{tang}\varphi - \varphi) = 4$; et pour que le premier membre soit supérieur à 4, il faut et il suffit que φ soit compris entre ces deux limites. On calcule aisément ces deux valeurs, au moyen des différences logarithmiques et l'on trouve $\varphi' = 69°39'54'',40$, et $\varphi'' = 130°43'19'',62$.

Remarquons cependant qu'en dehors de ces limites il y a deux *points isolés* dont les coordonnées vérifient l'équation de la

courbe. Pour $\varphi = 0$, et pour $\varphi = \pi$, cette équation donne $\lambda = -1$. Alors en effet le radical s'annule avec le facteur sin φ. Mais pour toute valeur voisine, ce radical est imaginaire. D'ailleurs, la valeur négative $y = -1$ enlève toute utilité à ces solutions, parce qu'elle ne pourra point égaler l'ordonnée à $\operatorname{tang}^2 \delta$.

Quand la condition $\operatorname{tang} \varphi (\operatorname{tang} \varphi - \varphi) > 4$ est vérifiée, les deux valeurs de y sont non-seulement réelles, mais positives. En effet cette condition équivaut, comme nous l'avons vu, à

$$\frac{1}{4} \sin \varphi (\sin \varphi - \varphi \cos \varphi) - \cos^2 \varphi > 0,$$

et de celle-ci il s'ensuit que

$$\frac{1}{2} \sin \varphi (\sin \varphi - \varphi \cos \varphi) - \cos^2 \varphi,$$

c'est-à-dire la demi-somme des valeurs de y est positive; et puisque le produit de ces deux valeurs est $\cos^4 \varphi$, il s'ensuit que chacune d'elles est positive.

De plus, chacune de ces valeurs est une fonction continue de φ entre les deux limites de cette variable ; chaque ordonnée entre ces deux limites rencontre la courbe en deux points et en deux points seulement, les deux produits se rapprochent l'un de l'autre à mesure que l'ordonnée se rapproche de chacune de ses deux positions extrêmes, et ils se confondent sur ces ordonnées extrêmes. Il s'ensuit que la courbe est une ligne fermée continue, située tout entière au-dessus de l'axe des abscisses.

2° *Cette courbe est tout entière comprise entre l'axe des abscisses et une parallèle à cet axe menée par l'extrémité de l'ordonnée* $y = \operatorname{tang}^2 (48°18'25'',54)$. *Ces deux droites lui sont tangentes, et toute parallèle intermédiaire la rencontre en deux points, et en deux points seulement.*

On voit immédiatement à l'inspection de la double valeur de y trouvée plus haut, non-seulement que chacune de ces valeurs est une fonction continue de φ entre les deux limites φ' et φ'', mais qu'il en est de même de sa dérivée $\frac{dy}{d\varphi}$. Cette dérivée a pour

chaque valeur intermédiaire de φ, une valeur unique et déterminée, elle varie d'une manière continue, et ne devient infinie que lorsque le radical s'annule, c'est-à-dire aux deux limites. La courbe a donc en chaque point une tangente unique, et comme c'est une courbe fermée, toute droite qui n'a qu'un point commun avec elle est une tangente. Ainsi les deux ordonnées extrêmes sont des tangentes.

Si dans l'équation de la courbe on pose $y=0$, il vient $\cos\varphi=0, \varphi=\frac{\pi}{2}$. La courbe n'a donc qu'un seul point sur l'axe des abscisses, et par suite lui est tangente en ce point. Si l'on pose $\varphi=\frac{\pi}{2}$, l'équation devient $y^2-y=0$, ou $y(y-1)=0$. La seconde valeur de y est donc égale à 1.

Pour trouver tous les points où la tangente est parallèle à l'axe des abscisses, il suffit de différentier l'équation en posant $\frac{dy}{d\varphi}=0$. On trouve ainsi $y\sin 2\varphi(2\varphi\cot 2\varphi-5)=4\cos^2\varphi\sin 2\varphi$. On peut diviser les deux membres par $\sin 2\varphi$; car par là on ne s'expose à supprimer que la solution $\varphi=\frac{\pi}{2}$ déjà examinée. Il reste alors

$$y(2\varphi\cot 2\varphi-5)=4\cos^2\varphi.$$

Éliminons y entre cette équation et celle de la courbe, nous aurons la suivante

$$\frac{(2\varphi\cot 2\varphi-1)^2}{2\varphi\cot 2\varphi-5}=4\operatorname{tang}\varphi(\operatorname{tang}\varphi-\varphi).$$

Cette équation doit être vérifiée pour tous les points où la tangente, sans se confondre avec l'axe des abscisses, est parallèle à cet axe. Nous allons voir qu'elle n'a qu'une seule racine, $\varphi=107'41'28'',05$.

Posons pour abréger

$$u=\operatorname{tang}\varphi(\operatorname{tang}\varphi-\varphi), \quad v=2\varphi\cot 2\varphi-1,$$

l'équation à vérifier devient

$$\frac{v^2}{v-4}=4u.$$

u et v^2 étant toujours positifs, il faut donc d'abord $v - 4 > 0$; d'où l'on peut conclure que φ doit être dans le second quadrant.

Cette conclusion est évidente si l'on suppose que φ reste dans les limites φ', φ''; car si φ était compris entre 69° et 90°, $\cot 2\varphi$ et par suite v et $v - 4$ seraient négatifs. Mais il est bon de montrer que l'équation n'a aucune solution dans tout le premier quadrant.

On trouve en différentiant

$$\frac{d}{d\varphi} \cdot \frac{v^2}{v-4} = \frac{v(v-8)}{(v-4)^2} \cdot \frac{dv}{d\varphi}, \quad \frac{dv}{d\varphi} = \frac{\sin 4\varphi - 4\varphi}{\sin^2 2\varphi}.$$

$\frac{dv}{d\varphi}$ est toujours négatif, donc v décroit toujours quand φ augmente. Faisons varier φ depuis zéro jusqu'à la valeur qui donne $v = 4$; $\frac{v^2}{v-4}$ passera d'abord par toutes les valeurs depuis l'infini jusqu'à $+16$, puis recommencera à croître depuis $+16$ jusqu'à l'infini; car sa dérivée, négative d'abord, devient positive quand $v = 8$. La valeur $+16$ est donc le minimum du premier membre. Or, comme nous l'avons vu plus haut, *en dehors des limites* φ', φ'', $u < 4$, $4u < 16$; donc il est impossible que dans cette partie du premier quadrant l'équation $\frac{v^2}{v-4} = 4u$ soit vérifiée. Pour des valeurs de φ supérieures à celle qui donne $v = 4$, les deux membres seraient de signes contraires. Donc il n'existe aucune solution dans tout le premier quadrant.

Dans le second quadrant $v < u$; en effet, comme on a

$$2\cot 2\varphi = \frac{1 - \tang^2\varphi}{\tang \varphi},$$

on aura en posant $r = \frac{v}{u}$,

$$\varphi - \varphi \tang^2\varphi - \tang\varphi = r \tang^2\varphi (\tang\varphi - \varphi),$$

$$\varphi \tang^2\varphi \,.\, (1 - r) + r \tang^3\varphi = \varphi - \tang\varphi.$$

Or puisque $v > 4$ et $u > 0$, r est positif; à moins donc que l'on n'ait $r < 1$, c'est-à-dire $v < u$, le premier membre de cette

dernière équation serait négatif, tandis que le second serait positif. Par conséquent, l'équation $\frac{v^2}{v-4} = 4u$ donne

$$v > 4(v - 4), \text{ ou } 3v < 16,\ v < 5\tfrac{1}{3}.$$

Ainsi cette équation ne peut être vérifiée que par des valeurs de φ qui placent v entre 4 et 5 $^1/_3$.

Elle ne peut donc avoir plus d'une solution; car v étant compris entre ces limites, le premier membre croît avec φ, puisque sa dérivée $\frac{v(v-8)}{(v-4)^2} \cdot \frac{dv}{d\varphi}$ est alors toujours positive; et le second membre décroît, puisque sa dérivée $4\,\frac{\operatorname{tang}\varphi(1+\sin^2\varphi)-\varphi}{\cos^2\varphi}$ est toujours négative dans le second quadrant.

Le calcul numérique de cette racine unique se fait par la règle de fausse position et donne $\varphi = 107^\circ 41' 28'',05$.

Trouvons la valeur correspondante de y. On sait qu'à chaque valeur de φ comprise entre φ' et φ'', il correspond deux valeurs inégales de y, dont le produit est $\cos^4\varphi$. La plus grande est donc $> \cos^2\varphi$, l'autre $< \cos^2\varphi$. Mais l'équation trouvée plus haut $y(2\varphi \cot 2\varphi - 5) = 4\cos^2\varphi$ montre que la tangente ne sera parallèle à l'axe des abscisses que pour un point dont l'ordonnée y sera plus grande que $\cos^2\varphi$; sinon on aurait $2\varphi \cot 2\varphi - 1 > 8$, c'est-à-dire $v > 8$. Il n'y a donc qu'une seule tangente parallèle aux abscisses, et le point de contact a pour ordonnée la plus grande des deux valeurs de y qui correspondent à $\varphi = 107^\circ 41' 28'',05$.

Pour trouver cette valeur de y, rappelons que si on pose, dans l'équation de la courbe auxiliaire, $y = \operatorname{tang}^2\delta$, et qu'on élimine ensuite δ par l'équation $\cos\varphi + \operatorname{tang}\lambda \operatorname{tang}\delta = 0$, nous reviendrons à l'équation

$$4 = \sin^2 2\lambda \operatorname{tang}\varphi(\operatorname{tang}\varphi - \varphi).$$

Nous aurons donc y en calculant λ par cette équation, et ensuite δ par $\cos\varphi + \operatorname{tang}\lambda \operatorname{tang}\delta = 0$. Dans le premier calcul, remarquons que, φ étant supérieur à 90°, il faudra que λ soit positif, et que des deux valeurs positives de λ qui correspondent à une valeur de $\sin 2\lambda$, il faudra choisir celle qui donnera $\operatorname{tang}^2\delta > \cos^2\varphi$,

c'est-à-dire puisque $\tang^2\lambda \tang^2\delta = \cos^2\varphi$ celle qui est inférieure à 45°. On trouve ainsi

$$\lambda = 15°8'46'',05,\ \delta = 48°18'25'',54,\ y = \tang^2(48°18'25'',54).$$

En se rappelant qu'entre φ' et φ'', y et $\frac{dy}{d\varphi}$ sont des fonctions continues, on peut donc énoncer les propositions suivantes. La valeur $y = \tang^2(48°18'25'',54)$ est le maximum de l'ordonnée, comme $y = 0$ en est le minimum. La courbe est tout entière comprise entre l'axe des abscisses et la parallèle menée par l'extrémité de cette ordonnée. Toute droite parallèle à ces deux tangentes rencontre la courbe en deux points et en deux points seulement; 1° en deux points au moins, parce que la courbe est fermée, 2° en deux points seulement, parce que sur tout arc d'une courbe dont la tangente est toujours unique et déterminée, il doit y avoir une tangente parallèle à la corde; donc d'après ce que nous venons de voir, une droite parallèle à l'axe des abscisses ne peut partager la courbe qu'en deux arcs seulement.

17. Cette longue étude de la nouvelle courbe auxiliaire était nécessaire pour la théorie générale des points d'inflexion de la courbe des chaleurs. Cette théorie s'en déduira maintenant avec la plus grande facilité.

La condition nécessaire et suffisante pour qu'il y ait inflexion sur la portion équatoriale, est que la droite $y = \tang^2\delta$ rencontre la courbe auxiliaire.

Donc si δ est supérieur à 48°18'25'',54, il n'y aura aucun point d'inflexion. Mais si δ est compris entre cette limite et zéro, il y en aura toujours deux. Nous examinerons tout à l'heure ce qui arrive lorsque δ est égal à l'une ou à l'autre limite. Supposons maintenant qu'il diminue d'une manière continue à partir de sa limite supérieure; et voyons ce que devient le premier point d'inflexion, celui pour lequel φ commence à croître à partir de 107°41'25'',06.

A mesure que δ diminue, φ augmente et $\tang\varphi(\tang\varphi - \varphi)$

diminue. Ces variations continuent dans le même sens jusqu'à ce que $\tang\varphi(\tang\varphi - \varphi) = 4$, c'est-à-dire jusqu'à ce que $\varphi = \varphi''$ $= 130°43'19'',62$. On a alors $y = \cos^2\varphi$, c'est-à-dire $\tang\delta$ $= -\cos\varphi'' = \sin 40°43'19'',62$; ce qui donne $\delta = 33°7'12'',26$. La déclinaison δ continuant à décroître, φ commence à diminuer et $\tang\varphi(\tang\varphi - \varphi)$ à augmenter jusqu'à ce que, pour $\delta = 0$, $\varphi = 90°$ et $\tang\varphi(\tang\varphi - \varphi) = \infty$.

La latitude λ de ce premier point d'inflexion vérifie toujours l'équation $\cos\varphi + \tang\lambda \tang\delta = 0$, et par suite 4 $= \sin^2 2\lambda \tang\varphi(\tang\varphi - \varphi)$. La première montre que λ est toujours positif, et va d'abord en augmentant tandis que δ passe de sa limite supérieure à $33°7'12'',26$, car alors $-\cos\varphi$ va toujours en augmentant et $\tang\delta$ en diminuant. En ce moment $\tang\delta$ $= -\cos\varphi$, donc $\tang\lambda = 1$, $\lambda = 45°$. Pour des valeurs inférieures de δ, on sait que l'intersection de la droite et de la courbe auxiliaire se fait dans la portion de celle-ci où $y < \cos^2\varphi$. Par suite $-\cos\varphi > \tang\delta$ et $\tang\lambda > 1$; donc $\lambda > 45°$. Mais de plus, l'équation $4 = \sin^2 2\lambda \tang\varphi(\tang\varphi - \varphi)$ nous montre qu'alors λ va sans cesse en augmentant. En effet, le facteur $\tang\varphi(\tang\varphi - \varphi)$ passe de 4 à ∞; il faut donc que $\sin^2 2\lambda$ passe de 1 à 0, et comme $\lambda > 45°$, il faut que λ passe de $45°$ à $90°$. Ainsi la latitude de ce premier point d'inflexion passe d'une manière continue de la limite trouvée plus haut $15°8'46'',05$ à la limite $90°$. Là le point d'inflexion disparaît; il est à l'extrémité même de la courbe des chaleurs qui, pour $\delta = 0$, se confond avec sa portion équatoriale.

Suivons de même l'autre point d'inflexion. δ diminuant à partir de sa limite supérieure, le φ de ce second point diminue aussi à partir de $107°41'28'',05$, passe par $90°$ quand $\tang\delta = 1$, $\delta = 45°$, et continue à décroître jusqu'à ce que $\tang\varphi(\tang\varphi - \varphi)$ $= 4$, c'est-à-dire jusqu'à ce que $\varphi = \varphi' = 69°39'54'',40$. On a alors $y = \cos^2\varphi$, $\tang\delta = \cos 69°39'54'',40$, $\delta = 19°9'45'',66$. La déclinaison continuant à décroître, φ augmente ainsi que $\tang\varphi(\tang\varphi - \varphi)$, jusqu'à ce que, pour $\delta = 0$, on ait $\varphi = 90°$ et $\tang\varphi(\tang\varphi - \varphi) = \infty$.

La latitude λ de ce second point d'inflexion doit, en vertu de

l'équation $\cos\varphi + \tang\lambda \tang\delta = 0$, passer de sa limite supérieure $15°8'46'',05$ à $0°$ tandis que δ passe de sa limite supérieure à $45°$, puis devenir négative et atteindre $-45°$ au moment où, pour $\varphi = \varphi'$, $\tang\varphi(\tang\varphi - \varphi) = 4$. Au delà $\tang\delta < \cos\varphi$, par suite $-\lambda > 45°$, et l'équation $4 = \sin^2 2\lambda \tang\varphi(\tang\varphi - \varphi)$ montre que λ passe d'une manière continue de $-45°$ à $-90°$, limite qu'elle atteint au moment où $\delta = 0$; le point d'inflexion se trouve alors à la seconde extrémité polaire de la courbe des chaleurs, et par conséquent disparaît.

On voit maintenant clairement ce qui se passe lorsque δ est à l'une de ses deux limites. Quand $\delta = 0$, il n'y a pas, à proprement parler, de point d'inflexion, puisque les deux seuls possibles sont aux extrémités de la courbe; δ augmentant, il se produit aussitôt un point d'inflexion à la limite commune de la portion polaire et de la portion équatoriale, et de plus, il y en a deux autres situés de part et d'autre du point qui a pour latitude $15°8'46'',05$; ces deux points se rapprochent l'un de l'autre. Au moment où δ dépasse $45°$, ils ont tous deux une latitude positive; ils se confondent en disparaissant, par la latitude $15°8'46'',05$, au moment où $\delta = 48°18'25'',54$. La portion équatoriale est alors tout entière convexe vers l'axe des abscisses, et elle reste telle pour toute valeur supérieure de δ.

Pour la terre, où δ ne dépasse pas $23°30'$, il y a toujours, sur la portion équatoriale, deux points d'inflexion situés de part et d'autre de l'équateur, et un troisième à la jonction de la portion polaire, excepté au moment de l'équinoxe où tous ces points aboutissent aux pôles.

18. Les tables suivantes donnent, pour 24 valeurs équidistantes de la déclinaison δ, l'abscisse λ et l'ordonnée $\frac{D}{2K}$ des points remarquables de la courbe des chaleurs diurnes. Sur l'axe des ordonnées, l'unité de longueur représente la valeur de $\frac{D}{2K}$ à l'équateur le jour de l'équinoxe.

Table pour la construction de

δ	PREMIÈRE INFLEXION.		Équateur.	Maximum.		SECONDE INFLEXION.	
	λ −	$\frac{D}{2K}$	$\frac{D}{2K}$	λ +	$\frac{D}{2K}$	λ +	$\frac{D}{2K}$
0°	90° 0′	0,0000	1,0000	0° 0′	1,0000	90° 0′	0,0000
1	81 59	0,1135	0,9998	1 35	1,0002	82 46	0,1542
2	78 22	0,1507	0,9994	3 9	1,0009	79 55	0,2325
3	75 27	0,1765	0,9986	4 43	1,0020	77 47	0,2979
4	72 53	0,1964	0,9976	6 18	1,0036	75 59	0,3575
5	70 32	0,2129	0,9962	7 53	1,0056	74 24	0,4130
6	68 21	0,2271	0,9945	9 29	1,0081	72 58	0,4656
7	66 17	0,2397	0,9925	11 5	1,0111	71 39	0,5159
8	64 18	0,2508	0,9903	12 42	1,0146	70 24	0,5643
9	62 23	0,2612	0,9877	14 20	1,0186	69 14	0,6111
10	60 32	0,2708	0,9848	15 58	1,0231	68 6	0,6564
11	58 43	0,2798	0,9816	17 38	1,0281	67 1	0,7003
12	56 57	0,2884	0,9781	19 20	1,0337	65 57	0,7430
13	55 13	0,2966	0,9744	21 3	1,0399	64 55	0,7844
14	53 31	0,3046	0,9703	22 47	1,0466	63 55	0,8246
15	51 50	0,3124	0,9659	24 34	1,0541	62 55	0,8636
16	50 10	0,3201	0,9613	26 24	1,0623	61 57	0,9014
17	48 31	0,3277	0,9563	28 17	1,0712	60 58	0,9380
18	46 53	0,3353	0,9511	30 14	1,0809	60 1	0,9733
19	45 16	0,3429	0,9455	32 16	1,0915	59 4	1,0074
20	43 39	0,3505	0,9398	34 25	1,1031	58 6	1,0403
21	42 3	0,3582	0,9336	36 42	1,1158	57 9	1,0718
22	40 27	0,3660	0,9272	39 13	1,1298	56 12	1,1020
23	38 52	0,3739	0,9205	42 4	1,1454	55 14	1,1307

la courbe des chaleurs diurnes.

δ	*Minimum.*		Jonction. $\lambda = 90° - \delta$	Pôle.	PARALLÈLES QUI ONT LA CHALEUR DIURNE		
	λ +	$\frac{D}{2K}$	$\frac{D}{2K}$	$\frac{D}{2K}$	DU PÔLE.	+	de L'ÉQUATEUR. +
0°	90° 0′	0,0000	0,0000	0,0000	- 90° 0′	90° 0′	0° 0′
1	89 0	0,0548	0,0548	0,0548	- 85 24	89 0	3 8
2	88 0	0,1096	0,1096	0,1096	- 80 47	87 58	6 17
3	87 0	0,1642	0,1642	0,1644	- 76 10	86 55	9 26
4	86 0	0,2186	0,2186	0,2191	- 71 31	85 50	12 36
5	85 0	0,2738	0,2738	0,2738	- 66 52	84 42	15 46
6	84 0	0,3258	0,3258	0,3284	- 62 10	83 32	18 58
7	83 0	0,3800	0,3800	0,3829	- 57 26	82 19	22 10
8	81 59	0,4330	0,4330	0,4372	- 52 39	81 2	25 25
9	80 58	0,4854	0,4854	0,4915	- 47 48	79 40	28 41
10	79 57	0,5372	0,5372	0,5455	- 42 54	78 14	32 0
11	78 56	0,5884	0,5884	0,5994	- 37 54	76 42	35 22
12	77 53	0,6388	0,6389	0,6532	- 32 47	75 3	38 48
13	76 50	0,6884	0,6886	0,7067	- 27 33	73 16	42 19
14	75 46	0,7372	0,7374	0,7600	- 22 9	71 19	45 57
15	74 39	0,7850	0,7854	0,8131	- 16 33	69 8	49 45
16	73 31	0,8318	0,8324	0,8659	- 10 40	66 41	53 43
17	72 21	0,8774	0,8784	0,9185	- 4 24	63 50	58 17
18	71 7	0,9218	0,9233	0,9708	+ 2 25	60 26	63 46(*)
19	69 48	0,9649	0,9671	1,0228	+ 10 11	56 5	»
20	68 24	1,0065	1,0097	1,0745	+ 19 59	49 41	»
21	66 51	1,0466	1,0511	1,1259			
22	65 6	1,0847	1,0912	1,1769			
23	63 1	1,1208	1,1299	1,2275			

(*) Quand $\delta = 18°$, le parallèle 78° 25′ a aussi la chaleur équatoriale.

Ces nombres, qui donnent dix points de la courbe des chaleurs diurnes pour chaque valeur de la déclinaison, permettent de construire aisément cette courbe pour chaque jour de l'année. On peut y voir la vérification de plusieurs théorèmes démontrés dans ce Mémoire, de ceux notamment qui se rapportent à la comparaison du pôle et de l'équateur avec le maximum et le minimum, ainsi qu'au rapprochement de ces deux derniers points et à la croissance de leurs chaleurs diurnes lorsque la déclinaison augmente.

PROGRÈS RÉCENTS DE LA GÉOLOGIE;

PAR

M. A. DE LAPPARENT,

PROFESSEUR A L'UNIVERSITÉ CATHOLIQUE DE PARIS.

L'objet de cette notice est de faire connaître quelques-uns des travaux les plus importants auxquels la géologie ait donné lieu pendant l'année qui vient de s'écouler. Le cadre imposé à cette publication nous oblige à nous borner à des comptes rendus très-sommaires et l'on ne doit pas s'attendre à y trouver autre chose que des indications bibliographiques.

OUVRAGES GÉNÉRAUX.

M. H. Credner a fait paraître une troisième édition de ses *Éléments de géologie* (1). L'ouvrage du savant professeur de Leipzig est tenu au courant des progrès les plus récents de la science et l'analyse microscopique des roches y tient la place qu'elle doit occuper. De nombreuses coupes et des dessins de fossiles, soigneusement exécutés, accompagnent le texte. On peut seulement regretter que l'auteur ait cru devoir traiter des filons métallifères à l'occasion des terrains qui les contiennent. Les filons n'ont, la plupart du temps, aucun rapport d'âge avec les terrains encaissants et il eût été préférable de les classer, ou bien d'après les matériaux de remplissage, ou d'après les époques probables de leur formation.

— Sous le titre de *Cours élémentaire de géologie* (2) M. Gos-

---

(1) *Elemente der Geologie,* 3te Auflage. Leipzig, 1876.
(2) Paris, Eug. Belin, 1876.

selet a fait paraître un petit ouvrage destiné à l'enseignement secondaire et où tous les faits généraux de la science sont passés en revue d'une manière elaire et concise.

— La pétrographie, à laquelle l'emploi du microscope polarisant a fait faire, dans ces derniers temps, de si grands progrès, a été l'objet d'un travail didactique de M. von Lasaulx (1). Cet ouvrage est rempli de renseignements précieux, et les roches de l'Auvergne, que l'auteur a spécialement étudiées, y sont décrites en détail.

— M. Zittel a entrepris, en collaboration avec M. Schimper (2), un manuel de paléontologie. La première livraison de cet ouvrage a paru; elle comprend l'histoire de la science et la description des foraminifères : un grand nombre de dessins, presque tous originaux, donnent à ce manuel un prix particulier; malheureusement les tendances transformistes bien connues de M. Zittel rendent son œuvre suspecte à plus d'un point de vue.

PHÉNOMÈNES ACTUELS.

Le *Geological Magazine* a publié cette année deux travaux importants ayant trait à l'étude des phénomènes actuels; c'est d'abord une série d'études de M. Walter Flight sur toutes les chutes de météorites connues; c'est ensuite une description détaillée, faite par M. Judd, des principaux centres volcaniques de l'Europe.

On trouvera en outre, dans le même recueil, de nombreuses traces de l'intérêt que continue à exciter, en Angleterre, la question du creusement des lacs par les glaciers. La doctrine favorite de M. Ramsay a subi de rudes assauts, notamment de la part de M. Bonney (3).

M. Bianconi, qui, dans des expériences intéressantes avait montré que la glace est un peu flexible à des températures supé-

---

(1) *Elemente der Petrographie,* Bonn, 1875.
(2) *Handbuch der Palæontologie,* München, 1876.
(3) *Geological Magazine,* 1876, 197.

rieures à zéro, a fait voir (1) que cette substance possède aussi, dans les mêmes conditions, une véritable compressibilité.

Citons enfin les belles études de M. Nordenskjöld (2) sur les glaciers du Spitzberg et la preuve donnée par lui que, dans les régions polaires, il n'existe aucune trace de périodes glaciaires antérieures à la fin des temps tertiaires.

ÉTUDE DES ROCHES.

L'étude des roches est devenue, depuis plusieurs années, l'objet d'une attention particulière; ne pouvant mentionner que quelques-uns des travaux les plus récents, nous nous bornerons à citer l'important mémoire de MM. de Lavallée-Poussin et Renard (3) sur les diorites quartzifères de la Belgique et sur les *porphyroïdes* de l'Ardenne française, que les auteurs sont disposés à considérer comme des roches sédimentaires; ensuite un travail étendu de M. Boricky (4), sur les basaltes et les phonolites de la Bohême, aboutissant à ce curieux résultat que le labrador fait le plus souvent défaut dans les basaltes de cette contrée, tandis qu'on y trouve abondamment la leucite, la néphéline et l'oligoclase. Enfin nous mentionnerons encore l'étude de M. Michel Lévy (5) sur les roches éruptives acides, et les importantes conclusions auxquelles l'auteur est arrivé sur les rapports qui unissent la texture des roches acides et l'époque de leur épanchement.

TERRAINS SÉDIMENTAIRES.

La question si controversée de l'*Eozoon canadense* est encore à l'ordre du jour. M. Hahn (6) a cherché à prouver que rien,

---

(1) Bologne, 1876.
(2) *Geol. Mag.*, 1876, 16.
(3) *Mémoires couronnés de l'Académie royale de Belgique*, 1876.
(4) *Archiv. für die naturw. Landesforschung von Böhmen*, II. III.
(5) *Annales des Mines.*
(6) *Neues Jahrbuch*, 1876, 687.

dans ce fossile, ne décèle une origine organique. MM. Dawson et Carpenter n'en persistent pas moins, contrairement à l'opinion d'Ehrenberg, à considérer l'éozoon comme un foraminifère. Mais, sans résoudre cette question, M. J. Hall ([1]) a jeté quelques doutes sur la position géologique des couches qui contiennent l'éozoon, et dont l'âge laurentien ne lui semble en aucune façon démontré.

M. Hicks ([2]), l'habile explorateur des couches cambriennes du Pays de Galles, où il a réussi à découvrir une faune encore antérieure à la faune primordiale de Bohême, paraît avoir été moins heureux dans ses tentatives d'interprétations théoriques sur les conditions physiques des premiers âges géologiques. L'auteur ne craint pas de faire jouer aux glaciers un rôle important dès l'époque cambrienne. Disons que les faits mêmes qui servent de base à sa théorie ont été contestés par M. Linnarsson ([3]), à qui l'on doit, en outre, une classification ([4]) des dépôts si intéressants qui composent la série cambrienne et silurienne en Scandinavie.

Le terrain silurien, jusqu'ici considéré comme absent de la région rhénane, vient d'y être signalé par M. Roemer ([5]) à la base de la grauwacke de Coblentz, sous la forme d'un grès à pentamères.

Enfin, dans les États-Unis de l'Ouest, M. Clarence King ([6]) a signalé l'existence de la faune primordiale auprès des monts Wahsatch.

— Le terrain dévonien du bassin franco-belge a eu, dans ces dernières années, la bonne fortune de donner lieu à beaucoup de publications. Après les études de M. Gosselet ([7]) sur la concordance des deux bandes septentrionale et méridionale du bassin

---

([1]) *American Journal* (3). XII, 298.
([2]) *Geological Society of London*, 5 janvier 1876.
([3]) *Geological Magazine*, 1876, 145.
([4]) *Neues Jahrbuch*, 1876, 680; *Geol. Magazine*, 1876, 241.
([5]) *Zeitschrift der Deutschen geol. Gesellschaft*, XXVI, 752.
([6]) *American Journal* (3), XI, 475.
([7]) *Bulletin de la Soc. géol. de France* (3), II.

de Dinant, sont venus les travaux de M. Mourlon (1) sur les psammites du Condroz, que l'auteur a divisés en plusieurs étages; puis M. Gosselet (2) a défini l'étage du calcaire de Givet, en montrant qu'il convenait d'en détacher plusieurs des massifs autrefois rapportés à cette division, pour les faire rentrer dans celle des calcaires de Frasne. Enfin M. de Koninck (3) a fait connaitre les fossiles trouvés dans l'étage gédinien, si pauvre en restes organiques, par MM. Dewalque et Malaise.

— MM. Cornet et Briart (4) ont fait connaître l'existence du *millstone-grit* dans le bassin houiller belge. Le nombre des couches à fossiles marins connues dans ce bassin s'est également augmenté par de nouvelles recherches de M. Malherbe (5).

— La limite du terrain carbonifère et de l'étage permien devient chaque jour plus difficile à tracer; c'est ainsi que le type *permo-carbonifère* signalé en premier lieu dans le Nebraska a été retrouvé dans les monts Wahsatch par M. Clarence King (6), et, sur les bords de la rivière de l'Aigle, par M. Peale (7).

De même, en Bohême, on discute encore pour savoir si la houille à gaz de Pilsen est carbonifère ou permienne et, en Angleterre, M. Davies (8) a émis l'idée que, dans le Shropshire, le carbonifère et le permien formaient une série continue et indivisible.

— Il n'y a rien de bien nouveau à signaler pour ce qui concerne le trias et les étages inférieures du terrain jurassique.

En revanche, la controverse relative à l'étage tithonique continue à occuper les géologues des deux côtés du Jura. On parait s'être surtout attaché, dans ces derniers temps, à définir la véritable position de la zone à Ammonites tenuilobatus. M. Choffat (9),

---

(1) *Bulletin de l'Académie royale de Belgique* (2), XL, 761.
(2) *Société géologique du Nord*, III, 36.
(3) *Société géol. de Belgique*, III, 25.
(4) *Société géol. de Belgique*, III, 84.
(5) *Ibid.*
(6) *American Journal* (3), XI, 481.
(7) *Geol. Survey of the territories*, 1876.
(8) *Geological Society of London*, 21 juin 1876.
(9) *Bull. de la Soc. géol. de France* (3), III, 764.

qui a étudié cette zone dans le Jura, la considère comme astartienne. M. Fontannes [1] arrive à la même conclusion pour les environs de Crussol (Ardèche), et M. de Tribolet [2] considère cette assimilation comme définitivement établie pour toute la région comprise entre le Jura et la Souabe.

M. Coquand [3] serait plutôt porté, comme M. Hébert, à attribuer la zone litigieuse à l'argovien, c'est-à-dire à l'oxfordien supérieur, et les calcaires à Terebratula Repellini (T. Moravica) seraient seuls astartiens. Du reste, la liaison entre ces divers étages paraît bien intime, car M. Tombeck [4] a signalé, dans la Haute-Marne, une marne fossilifère à Waldheimia humeralis qui repose directement sur l'argovien et, dans le Hanovre, où tout le terrain jurassique supérieur, parfaitement distinct dans ses diverses assises, est renfermé dans une épaisseur de 40 ou 45 mètres, M. Struckmann [5] a constaté que la Waldheimia humeralis se rencontre dans une oolithe corallienne intermédiaire entre le kimméridien et l'oxfordien.

Quant aux térébratules trouées, M. Pillet [6] affirme les avoir trouvées dans le terrain jurassique.

— On a souvent discuté sur la position que doivent occuper les couches connues en Angleterre sous le nom de couches de Blackdown. M. Ch. Barrois 7 a fait voir qu'elles occupent la base du grès vert supérieur et qu'ainsi elles correspondent bien, comme on l'avait pensé, à la gaize de l'Argonne et à la *meule* de Bracquegnies.

M. Hébert [8] a donné un tableau résumant la classification générale du terrain crétacé supérieur en Europe.

M. Barrois [9], a étudié tout l'ensemble du terrain crétacé supé-

---

[1] *Mém. de l'Acad. de Lyon*, XXI, 1875-1876.
[2] *Soc. d'émulation du Doubs*, mars 1875.
[3] *Bull. de la Soc. géol. de France*, III, 670.
[4] *Bull. de la Soc. géol. de France* (3), IV, 162.
[5] *Zeits. der deuts. geol. Gesellschaft*, XXVII, 1.
[6] *Bull. de la Soc. géol. de France* (3), III, 687.
[7] *Soc. géol. du Nord*, III, I.
[8] *Bull. de la Soc. géol. de France* (3), III, 595.
[9] *Thèse pour le doctorat*. Lille, 1876.

rieur en Angleterre. Il a fait voir que la craie anglaise, dans laquelle les géologues britanniques n'avaient introduit jusqu'ici que fort peu de subdivisions, contient tous les horizons reconnus dans la craie du continent. Sans contester que la craie ait été une formation de mer profonde, comme la vase à globigérines de l'Océan atlantique actuel, M. Barrois fait remarquer que le rivage de la mer crétacée ne devait pas être bien loin du pays de Galles, car en Irlande la craie supérieure est représentée par des sédiments sableux, à facies littoral, n'ayant que quelques mètres d'épaisseur.

— M. Leymerie avait créé, il y a quelques années, le nom de terrain *garumnien* pour un groupe d'assises intermédiaire entre la craie à Hemipneustes et le terrain nummulitique. M. Vidal [1] a retrouvé le même type en Catalogne, où des calcaires à Lychnus sont associés à des couches avec hippurites.

C'est dans l'ouest des États-Unis que la délimitation du terrain crétacé et du terrain tertiaire donne lieu à de vives controverses. Les lignites des montagnes rocheuses contiennent une flore que M. Lesquereux [2] déclare être franchement tertiaire. Mais ces lignites sont intercalés dans des couches qui contiennent des dinosauriens et autres fossiles crétacés, en sorte que M. Hayden [3] n'hésite pas à les attribuer à la craie, du moins pour ce qui concerne les lignites inférieurs, car il y en a plusieurs étages. M. Dana admet cette conclusion et il fait remarquer à ce sujet que les flores offrent un moyen de classification géologique beaucoup moins sûr que les faunes marines, de sorte que, en cas de contradiction apparente, l'avantage doit rester à ces dernières.

— MM. Vanden Broeck, Vincent et Rutot [4] ont d'intéressants détails sur la succession des assises éocènes aux environs de Bruxelles. Ils ont fait voir, notamment, que certains accidents

---

(1) *Bulletin de la Soc. géol. de France* (3), III, 548.
(2) *Geolog. Survey of the Territories,* 1875.
(3) *American journal* (3), XI, 149.
(4) *Soc. géol. du Nord,* III, 174; *Soc. malacologique de Belgique,* 1875.

de stratification où l'on avait voulu voir des ravinements et des discordances tiennent simplement à l'action irrégulière exercée par des eaux d'infiltration sur une masse de sables glauconifères.

M. Douvillé[1] a fait connaître la composition du miocène sur les bords de la Loire, aux environs d'Orléans, il a fait voir qu'il existe trois niveaux de sables et d'argiles : au sommet, celui de la Sologne ; au milieu, celui des sables de l'Orléanais ; à la base, ce qu'il a appelé la mollasse du Gâtinais. Le même auteur a montré que le calcaire lacustre du Berri était du même âge que celui de Château-Landon et, par suite, appartenait à l'étage de la Brie.

Le terrain pliocène d'Anvers a été étudié, dans quelques-unes de ses particularités, par M. G. Dewalque [2]; on doit aussi à M. Vanden Broeck [3] un travail sur les foraminifères de ce terrain, où l'auteur a été conduit à remanier la classification adoptée et à diviser les sables d'Anvers en trois étages distincts.

— L'année dernière, MM. Stoppani et Desor avaient signalé, dans les environs du lac de Côme, des gisements où des marnes subapennines fossilifères étaient enclavées au milieu du terrain glaciaire. Ils en concluaient qu'à l'époque pliocène, les glaciers des Alpes s'avançaient jusque dans la mer comme ceux du Groënland dans les fiords. Cette conclusion, si peu en harmonie avec le caractère méridional de la faune subapennine, ne pouvait manquer d'exciter beaucoup d'émotion. Aussi les gisements du lac de Côme ont-ils été visités et décrits par MM. Renevier [4], Ch. Mayer [5] et Alph. Favre [6]. La plupart des auteurs paraissent aujourd'hui d'accord pour reconnaître qu'il n'y a pas de véritable intercalation des marnes subapennines dans le glaciaire et, partant, point de synchronisme à établir entre le terrain glaciaire et l'époque pliocène.

C'est à une conclusion semblable que sont arrivés M. Falsan [7]

---

(1) *Bulletin de la Soc. géol. de France* (3), IV, 92, 106.
(2) *Soc. géol. de Belgique,* III, 7.
(3) *Soc. malacolog. de Belgique,* 1875.
(4) *Bull. de la Soc. géol. de France* (3), IV, 187.
(5) *Ibid.,* IV, 199.
(6) *Biblioth. univ. de Genève,* 1876.
(7) *Bull. de la Soc. géol. de France* (3), III, 727.

pour les dépôts erratiques à coquilles marines de Lyon et M. Fontannes ([1]) pour les sables à buccins de l'Isère.

— M. Alph. Favre([2]) a dressé la carte de l'ancienne extension des glaciers en Suisse et M. Colladon ([3]) a publié d'importantes observations sur les terrasses diluviennes du lac de Genève et sur le mode de formation des deltas lacustres.

En établissant que les deltas, à stratification inclinée, qu'un affluent torrentiel produit à son entrée dans un lac sont recouverts, au fur et à mesure de leur avancement, par une couche de gros matériaux déposés horizontalement, M. Colladon a fourni un moyen de déterminer avec certitude les anciens niveaux des lacs. Ces observations complètent d'une manière très-heureuse celles par lesquelles M. Dausse ([4]) avait établi les conditions nécessaires pour que le niveau des lacs puisse s'abaisser.

— Nous terminerons cette rapide revue en signalant un important ouvrage d'un Américain, M. Southall ([5]), sur l'origine de l'homme. C'est un résumé très-complet, très-riche en citations et en indications bibliographiques, de tout ce qui a été écrit jusqu'à présent sur cette grave question.

L'auteur établit que l'histoire ne remonte qu'à 5,000 ans et que, dès le début, elle nous montre les peuples en pleine civilisation; il cherche à prouver qu'il n'y a pas eu d'âge de pierre en Orient et que les peuples paléolithiques de l'Europe occidentale n'étaient que des tribus détachées des nations orientales et contemporaines de la civilisation de ces dernières.

M. Southall discute successivement les arguments tirés des monuments de pierres, des débris de cuisine, des habitations lacustres et des cavernes: comme résumé de cette étude, il admet que les anciens troglodytes représentent une race d'hommes, vivant dans les mêmes conditions que les Esquimaux actuels; et qu'il

---

([1]) *Bull. de la Soc. géol. de France,* IV, 224.
([2]) *Ibid.,* III, 715.
([3]) *Ibid.,* III, 661.
([4]) *Ibid.*(3).
([5]) *The recent Origin of Man. Philadelphie,* 1875.

est probable que les races arctiques en descendent directement.

La tourbe, suivant M. Southall, n'a pas dû exiger deux mille ans pour se former, comme le prouvent les canots, les briques et les débris romains qu'on y rencontre. Et quant aux alluvions anciennes, l'intensité extraordinaire de la période pluviale qui leur a donné naissance suffit à expliquer leur rapide production. L'auteur cite un travail de M. Andrews, de Chicago, établissant que le temps nécessaire pour les dépôts postérieurs à l'époque glaciaire dans l'Amérique du Nord n'a pas dû dépasser 7,000 ans.

Un chapitre très-intéressant est celui où M. Southall passe en revue ce qu'il appelle les affirmations prématurées de la science, c'est-à-dire l'histoire du zodiaque de Dendérah, celles de l'homme fossile de la Guadeloupe et de celui de Denise et bien d'autres encore, où des conclusions hâtives, tendant à assigner à l'humanité une durée déjà considérable, ont été nettement démenties par le progrès des observations.

En résumé, et quelques réserves qu'on puisse faire sur certaines interprétations données par M. Southall, on doit reconnaître qu'il a rendu un grand service en mettant ainsi en pleine lumière la faiblesse des arguments par lesquels on essayait de reculer l'apparition de l'homme jusqu'à une époque difficilement conciliable avec les données tirées des saints livres. C'est une tendance bien marquée que celle que manifestent aujourd'hui les savants, même les plus hostiles aux idées religieuses, à réduire d'une manière considérable les évaluations relatives à la durée de certains phénomènes et de certains dépôts. C'est là un résultat bien acquis et qui nous donne le légitime espoir de voir un jour la science, mieux informée, confirmer dans ses données générales la thèse si brillamment défendue par M. Southall.

LA BOTANIQUE EN 1876;

PAR

Le R. P. BELLYNCK, S. J.

Le règne végétal, qui a inauguré la vie sur notre globe, comme l'attestent les archives sédimentaires du monde primitif, est pour l'homme et pour les animaux une condition nécessaire de leur existence. Que les plantes disparaissent, et tous les représentants du règne animal ne formeront plus qu'un long cortége funèbre. C'est assez dire que l'homme tient aux végétaux par ses intérêts les plus chers; il y trouve, sous mille formes variées, sa nourriture et celle des animaux qui partagent ses travaux et ses plaisirs; plusieurs fournissent des remèdes à ses maux; d'autres alimentent son industrie; la plupart embellissent son séjour en couvrant la nudité du sol. L'homme a compris tous ces avantages dès son apparition sur la terre; il a d'abord joui sans se donner aucune peine, puis, pressé par le besoin, il a cultivé à la sueur de son front; il a fait une sorte d'étude pratique des végétaux qui l'entouraient, pour s'approprier ce qu'ils pouvaient lui fournir d'utile et d'agréable; pendant bien des siècles il n'en demanda pas davantage. Lorsque la famille humaine commença à s'étendre, de nouveaux végétaux se rencontrèrent sous ses pas; les relations s'établirent entre les divers pays, et les plantes prirent part aux voyages.

Jusque-là, il n'y avait point de botanique, ou plutôt la botanique ne constituait point une science; les notions élémentaires qu'on possédait en agriculture étaient purement empiriques, et les connaissances acquises par l'expérience ne se transmettaient

que par la tradition orale. Il faut arriver à Théophraste (l'an 371 av. J.-C.) pour avoir un travail sur les plantes ; ce n'était toutefois que l'enfance de la botanique. Les auteurs venus plus tard, au lieu de progresser, ne firent que retourner en arrière. Pline compila des observations dénuées de critique ; Dioscoride et ses successeurs n'envisagèrent les plantes qu'au point de vue médical, leur attribuant souvent des propriétés chimériques ; enfin nous pouvons, sans rien perdre, franchir tous les temps antérieurs pour arriver au XVIIIe siècle. A cette époque, la botanique réduite encore à des commentaires sur Dioscoride, ou à des recueils qui n'étaient guère plus avancés, se présentait ordinairement sous des formats in-folio relégués dans les officines ; les plus en vogue dans nos contrées étaient ceux de Dodoens, de l'Obel, Bauhin, etc. ; c'était du luxe de posséder les planches coloriées d'Élisabeth Blackwell.

Tournefort et surtout Linné changèrent la face des choses, et alors seulement le véritable progrès commença. La botanique ne fut plus réduite à la connaissance des *simples ;* la division du travail en fit naître des sciences à part, et l'on vit surgir des études sur la *morphologie*, l'*anatomie,* la *tératologie,* la *physiologie*, l'*organogénie,* la *nosologie ;* on compte des spécialités dans la *botanique systématique,* la *géographie botanique,* la *botanique fossile.* La *botanique appliquée* prit, de son côté, une extension beaucoup plus grande qu'autrefois, et, à côté de la *botanique médicale,* vinrent se placer la *botanique agricole, économique, forestière, horticole*, la *botanique industrielle*, la *botanique philosophique* et *littéraire.* — Le perfectionnement et l'emploi plus intelligent du microscope donnèrent pendant ces dernières années une impulsion extraordinaire aux différentes branches de la botanique. On voit pulluler partout des sociétés qui n'ont pour objet que le règne végétal, et souvent même l'une de ses branches ; chacune de ces associations a ses organes de publicité où l'on ne fait grâce à aucune idée nouvelle. Lorsqu'on parcourt les *Mémoires* et les *Bulletins* qui ont paru pendant la première moitié de ce siècle, on constate surtout l'importance presque exclusive qu'on attachait à la connaissance des plantes nou-

velles; c'était à qui signalerait le plus d'espèces jusque-là inconnues; les questions générales restaient du domaine de quelques sommités. De nos jours, les commençants abordent les difficultés les plus ardues, et plus d'une fois, les yeux plus clairvoyants de la jeunesse, quoique moins expérimentés, ont découvert des détails qui avaient échappé à des vues affaiblies par de longs travaux. Malheureusement la plupart de ces nouveautés sont perdues dans des publications sans fin, et elles sont loin d'avoir été toutes sanctionnées par le contrôle.

Les botanistes modernes qui ont cherché à grouper méthodiquement l'ensemble des faits acquis ont bien mérité de la science. Après Mirbel et Decandolle, A. Richard et A. Jussieu ont, par leurs traités élémentaires, rendu la botanique plus abordable; mais le progrès fait bientôt vieillir tout ce qui s'arrête, et malgré leurs nombreuses éditions, que rappellent fastueusement leurs titres, ces ouvrages jadis si utiles ont continué à rouler dans la vieille ornière. Payer avait essayé d'entrer dans une voie nouvelle, mais il est resté en chemin. M. Duchartre a été plus heureux, et en 1867 il a publié des éléments de botanique sur un plan nouveau. Dans le même temps MM. Decaisne et Le Mahout ont répondu au besoin de connaître l'ensemble de toutes les familles végétales par un splendide volume où chaque famille est illustrée. Enfin M. J. Sachs a réuni tout récemment, dans sa *Physiologie végétale* et dans son *Traité de botanique*, les questions les plus importantes qui sont à l'ordre du jour. Aucun auteur n'avait encore tenté de réunir sous une forme concise l'ensemble de toutes les branches de la botanique; en 1874 nous avons essayé ce travail dans notre *Cours élémentaire*. — Après ce préambule, il nous reste à rappeler sommairement les points principaux du progrès constaté.

I

La Morphologie, qui étudie les formes des organes composés, a reçu des interprétations plus rationnelles. — Pour distinguer la *racine* on a surtout attiré l'attention sur la petite coiffe protectrice ou *pilorhize* qui termine ses dernières ramifications et recouvre le point végétatif. On a remarqué que les racines secondaires ne se développent pas sans ordre, et qu'elles peuvent donner lieu, surtout chez les jeunes plantes, à une étude spéciale qu'on a désignée sous le nom de *rhizotaxie.* — La tige, qui constitue l'axe ascendant de la plante, a été mieux étudiée sous toutes ses formes, dans les divers embranchements du règne végétal. On a beaucoup disputé sur la nature axile de certains organes, sans toutefois tomber d'accord : la vrille des cucurbitacées, les tubercules des orchidées et les placentas de l'ovaire ont successivement exercé la sagacité des botanistes. La tige simple, qui résulte du développement continu du bourgeon terminal, a été nettement distinguée du *sympode*, lequel provient d'une succession de rameaux latéraux qui semblent n'en constituer qu'un seul, et qu'on peut supposer dérivés de dichotomies inégalement développées. La *dichotomie* et la *trichotomie* sont des bifurcations ou des trifurcations terminales, tandis que dans la *monopodie* les membres s'allongent en se ramifiant.

Les *feuilles,* qui ont de prime abord attiré l'attention sur toutes leurs parties, n'ont pas laissé néanmoins de fournir matière à des observations nouvelles; il en est de même de la préfoliaison. —La *phyllotaxie* ou l'étude des lois qui président à la disposition des feuilles sur la tige, n'a pas répondu à tout ce qu'elle promettait, et la théorie de la spirale génératrice, ainsi que la relation des cycles, présente trop d'exceptions pour qu'on la regarde plus longtemps comme une loi de la nature. — On a mieux déterminé les différentes parties de la *fleur*, en continuant à y voir des transformations des feuilles, et certaines *inflorescences*

(cymes, inflorescences mixtes ou anormales) ont reçu une explication plus en rapport avec l'ensemble des faits observés. — Le *fruit* et la *graine* ont à leur tour été mieux appréciés, et on ne confond plus le fruit et l'*infructescence*. — Enfin, les *poils*, si variés par leur forme et leur structure, et qui attiraient à peine les regards, ont de nos jours témoigné de leur importance par les transformations qu'ils subissent parfois. Les *glandes* ont également donné lieu à des aperçus nouveaux.

Nous parlerons plus loin des cryptogames, qui s'écartent des phanérogames à tant de titres.

II

L'Anatomie, qui étudie les organes élémentaires, a surtout progressé dans ces derniers temps. Grâce au perfectionnement du microscope et au progrès de la microchymie, cette étude est devenue fondamentale, et on peut la considérer comme la base de la physiologie. — Le point de départ de tout végétal est la *cellule*, et tout développement est basé sur la multiplication cellulaire. On comprend dès lors combien l'étude de la cellule est importante, et la part qui lui revient dans le progrès accompli. Les cellules sont de petits sacs membraneux, contenant des substances très-diverses ; leurs formes et leurs dimensions sont aussi fort variables, selon qu'elles appartiennent à l'épiderme ou à toute autre partie du végétal. L'enveloppe extérieure, fermée de toutes parts, est formée d'une matière solide, blanche, appelée *cellulose*, à laquelle d'autres substances viennent plus tard se mêler. L'intérieur est tapissé d'une couche de *protoplasme*, et le centre est occupé ordinairement par un noyau arrondi (*nucleus*); plus tard un liquide aqueux (*suc cellulaire*) y apparaît : ce sont d'abord des gouttelettes (*vacuoles*) qui finissent par se réunir. Les cellules du bois et du liége ne tardent pas à perdre leur nucleus et leur protoplasme, et elles ne renferment plus que de l'eau ou de l'air : dès lors il n'y a plus de développement pour elles.

Les cellules sont le siége de l'activité végétale, les matières les plus diverses y sont élaborées. Nous avons nommé le suc cellulaire qui débute par les vacuoles, et dont l'eau est une des parties constitutives. Ce suc renferme une foule de combinaisons chimiques (gommes, sucres, tannins, matières grasses, etc.). — Le protoplasme, matière visqueuse azotée, vivante et douée de contractilité, préside à tous les phénomènes de la vie. Il a pour base des matières albuminoïdes; il produit la cellulose, le suc cellulaire, le nucleus; sa mort met fin à toute action vitale. — Parmi les produits du protoplasme, le plus important est l'amidon : c'est encore là une matière organisée, formée de petits grains blancs à couches concentriques autour d'un noyau plus ou moins central; il se forme dans la chlorophylle, sous l'influence de la lumière; on le trouve chez presque tous les végétaux. Dans la famille des composées, l'amidon est remplacé par l'*inuline*, substance assez analogue et remplissant le même rôle : c'est l'inuline que nous mangeons dans l'artichaut et le topinambour, tandis que l'amidon est la partie nutritive de la pomme de terre.—Dans ces derniers temps (1855), M. Hartig a fait connaître dans les graines une autre substance qu'il a nommée *aleurone*, et qui accompagne l'amidon; cette matière azotée, qui est très-répandue, remplace l'amidon dans les graines oléagineuses, elle contribue à son tour à la nutrition des plantes et leur communique des qualités alimentaires.

Ce sont encore les cellules qui renferment les matières colorantes qu'on voit par transparence à travers leurs parois. On en est toujours aux deux séries, l'une *xanthique*, ayant pour type le jaune, l'autre *cyanique* dérivant du bleu : ces séries semblent généralement s'exclure. La question des couleurs est loin d'être résolue. De toutes les couleurs renfermées dans la cellule, la plus importante, celle qui est intermédiaire entre les deux séries, c'est la couleur verte, qui est celle de la *chlorophylle*. Qu'est-ce que la chlorophylle? est-ce un principe unique ou un mélange physique de deux principes différents? On attend une réponse à ces questions.

Avant de passer aux matières solides inorganiques qu'on dé-

couvre aussi dans les cellules, il est important de signaler des formes géométriques qu'il ne faut pas confondre avec les cristaux : ce sont les *cristalloïdes ;* c'est du protoplasme cristallisé qui présente les réactions essentielles du protoplasme ordinaire. Les cristalloïdes sont capables d'imbibition, et leur accroissement, comme chez toutes les substances organiques, a lieu par intussusception. — Les *cristaux* véritables sont formés d'oxalate de chaux, et leurs formes sont très-variées. Le carbonate de chaux ne présente que des incrustations granuleuses, ou de petites masses mamelonnées connues sous le nom de *cystolithes.* Puis viennent des concrétions amorphes de diverse nature.

Nous avons insisté sur la cellule parce qu'elle est la base de tous les tissus. Les fibres ne sont que des cellules fusiformes qu'on rencontre dans l'écorce et dans le bois. C'est dans les fibres ligneuses qu'on a signalé ces points aréolés si caractéristiques, et surtout si développés chez les conifères, même à l'état fossile. — Les vaisseaux sont des cellules soudées bout à bout et communiquant entre elles. L'attention s'est portée particulièrement sur les vaisseaux laticifères, les tubes cribreux, les cellules treillisées, les canaux et les réservoirs résineux et gommeux; la lumière s'est faite sur plusieurs points, mais il reste encore à élucider bien des choses.

Le groupement des organes élémentaires n'a pas laissé non plus de préoccuper les anatomistes. Ainsi, pour ne parler que des dicotylées, on ne s'est pas contenté de voir dans la tige une *moelle* centrale avec son *étui,* des *faisceaux fibro-vasculaires* et des *rayons médullaires*, le tout recouvert d'un système cortical déterminé; on a entrevu des caractères anatomiques propres aux familles, aux genres et aux espèces, et nous avons lieu d'espérer que la phytographie en tirera de sérieux avantages. — Le *cambium* n'est plus un liquide, mais un tissu très-délicat qui alimente le bois et l'écorce, et donne lieu à leur accroissement en épaisseur.

Le tissu des plantes inférieures est homogène. Chez les plantes plus élevées, le tissu est d'abord uniforme; mais on ne tarde pas à y distinguer trois systèmes fondamentaux. Le premier qui

se présente est le *système tégumentaire* : ce système peut parfois faire défaut, ou ne présenter qu'un développement insignifiant, comme sur les parties souterraines ou immergées; mais chez la plupart des plantes ligneuses on rencontre un *épiderme* transitoire, à cellules caractéristiques, un *hypoderme* également cellulaire, du liége qui résulte de la bipartition et de la subérification des cellules épidermiques et hypodermiques, et qui finit par remplacer l'épiderme détruit. La partie la plus intérieure du liége est sa zone génératrice (assise phellogène); la partie extérieure et tous les tissus situés en dehors meurent et constituent le *rhytidome*. Chaque année le rhytidome du pin et du platane se détache par plaques, celui du cerisier s'exfolie par bandes annulaires; il se fendille dans le chêne et dans d'autres arbres. — Le deuxième système est celui des *faisceaux* : un faisceau vasculaire présente plusieurs formes de tissu; dans un faisceau développé on distingue généralement le liber et le bois, séparés souvent par le *cambium*, mais bien des modifications peuvent s'y présenter, suivant l'âge et la nature de la plante. — Tout ce qui n'appartient pas aux deux systèmes précédents a reçu le nom de *tissu fondamental* ; ce tissu est un parenchyme qui forme l'épiderme, la gaîne des faisceaux et remplit l'espace intermédiaire; la moelle, les rayons médullaires, certaines parties de l'écorce, de même le mésophylle des feuilles, les noyaux et la chair des fruits sont du tissu fondamental.

Si l'espace ne nous faisait défaut, nous aurions bien des données nouvelles à signaler sur la structure de la racine, des feuilles, des fleurs, des fruits, des graines, etc. D'ailleurs les faits nouveaux sont si nombreux et si variés qu'ils ne sont guère susceptibles d'un compte rendu. — Nous aurions pu aussi attirer l'attention sur les odeurs et les saveurs végétales.

La Tératologie, qui est l'état anormal de l'organographie, fait de temps en temps de nouvelles acquisitions de nature à jeter du jour sur l'état normal, et les faits acquis reçoivent parfois une interprétation nouvelle; mais, depuis le travail de Moquin-Tandon, rien d'important n'a été tenté sur l'ensemble de cette branche de la botanique.

III

La Physiologie, qui est la science de la vie, est surtout importante et intéresse au plus haut point. Qu'est-ce que la vie chez les végétaux? Tout le monde a une idée vague de la vie végétale : on ne confond pas, sous ce rapport, un végétal avec une pierre ni avec un animal. On n'alimente pas une pierre, non plus qu'un végétal mort, et l'on ne cherche pas à en perpétuer l'espèce. D'un autre côté, on n'a constaté chez les plantes aucune sensibilité ni aucun mouvement volontaire; on les taille impunément sans qu'une société protectrice s'en préoccupe, et nous n'avons guère besoin de les tenir captives pour empêcher qu'elles ne nous échappent. Mais quand il s'agit de définir cette vie, tout devient obscur.

Nous avons parlé des organes élémentaires des végétaux; la cellule est la plante réduite à sa plus simple expression; toute cellule vivante paraît avoir sa vie propre : elle constitue un petit laboratoire dont les travaux semblent indépendants de ceux des cellules contiguës, et telle cellule élabore un produit déterminé tandis que sa voisine chôme ou fabrique tout autre chose. Malgré cette indépendance des organes élémentaires, nous les voyons s'entr'aider pour se transmettre les matériaux dont chacun a besoin, et nous devons leur reconnaître un travail d'ensemble qui varie pour les différentes plantes. Chaque espèce de plante a son facies qui la distingue au premier coup d'œil : la racine, la tige, les feuilles, les fleurs, les qualités intrinsèques, la manière de croître et de se multiplier, la périodicité des phénomènes, les habitudes, les mœurs en quelque sorte ont quelque chose de caractéristique. Tout cet ensemble de caractères physiques et physiologiques se transmet par génération. Quel est le principe qui préside à cette fixité de caractères? Quelle est la force qui maintient cet ensemble? On a donné à cette force le nom de *vie, force vitale, âme*, etc.; mais ce ne sont là que des mots; en définitive, quelle idée doit-on s'en former? Les actions

atomiques, données comme explication des phénomènes vitaux, laissent aussi à désirer. On ne saurait nier l'action des forces physiques et chimiques, mais ces forces sont secondaires et au service de la force vitale. Le principe existe, il se manifeste, mais il sera toujours pour nous un mystère. — On peut donner le nom de vie générale à celle qui coordonne toutes les vies particulières des cellules; cette vie paraît divisible avec la plante. La bouture qu'on détache est une continuation de l'arbre; elle ne reçoit pas un nouveau principe vital, mais elle emporte la part physiologique qui lui revient comme branche. Cela est tellement vrai, que si on bouture une branche latérale de certains conifères, on obtient un arbre arqué qui, malgré sa taille, conservera toujours l'aspect d'une grande branche inclinée et ne formera jamais de tête. La graine renferme le principe d'une vie nouvelle, qui peut parfois donner lieu à une variété ou à une anomalie. Dans la greffe, les deux vies qu'on a réunies restent distinctes quoique l'alimentation soit commune. — La théorie que nous venons d'émettre est la seule qui soit d'accord avec les faits.

La vie se manifeste par la *nutrition* et la *reproduction*. Tout être vivant à besoin de se nourrir, et l'espèce finirait par s'éteindre si elle n'avait pas la faculté de se reproduire. La physiologie végétale laissait surtout à désirer, et c'est vers cette partie que les travaux des botanistes ont convergé particulièrement. Il y aura sans doute toujours à faire et à refaire sur des points si difficiles à saisir, mais la voie est ouverte, et bien des faits nouveaux peuvent déjà être enregistrés.

Les principes nutritifs ne sont pas les seuls en cause dans la nutrition : la *lumière* et la *chaleur* sont également indispensables. La *lumière* est requise pour mettre en jeu les fonctions vitales, et, si plusieurs phénomènes peuvent s'accomplir dans l'obscurité, c'est au moyen de principes préalablement élaborés sous l'influence de la lumière. Toutefois les parties vertes ne se développent généralement pas à l'abri des rayons lumineux. La pénétration de la lumière est en raison de son intensité ; elle agit soit directement soit indirectement sur tous les phénomènes

de coloration. L'élaboration des matières nutritives, dont l'amidon est un des produits principaux, ne se fait pas non plus sans lumière. On a beaucoup expérimenté avec des lumières colorées, sans obtenir jusqu'ici de résultats bien concluants. On a acquis des idées plus nettes sur l'*héliotropisme :* chez le lierre l'héliotropisme est positif pour les feuilles, qui se dirigent vers la lumière ; il est négatif pour la tige qui, en fuyant la lumière, s'applique contre le soutien dans lequel elle fait pénétrer ses crampons.

La *chaleur* à son tour agit sur les plantes. La température intérieure des végétaux a donné lieu à des observations très-intéressantes. On a trouvé que les limites de la température ambiante varient non-seulement pour les différentes plantes, mais aussi pour les diverses fonctions de chacune d'elles; une chaleur plus intense est requise pour la floraison et surtout pour la maturation des fruits. Les effets d'une température trop basse ou trop élevée sont également désastreux.

On a cherché en vain à constater l'influence de l'*électricité* sur la végétation. — On a fait grand bruit du rôle de la *pesanteur* dans la direction des organes; mais cette hypothèse est loin de tout expliquer comme on l'avait prétendu.

Nous arrivons aux *principes nutritifs des plantes.* Les expériences faites avec les soins les plus minutieux conduisent à admettre, comme éléments indispensables, le *carbone*, l'*hydrogène*, l'*oxygène*, l'*azote* et le *soufre :* ce sont les éléments de la matière combustible. Il existe une foule d'autres éléments qu'on retrouve dans les cendres après la combustion des végétaux, mais tous n'ont pas la même importance, et leur présence peut être purement accidentelle; les éléments de ce genre, dont la plante semble ne pas pouvoir se passer, sont le *potassium*, le *calcium*, le *magnesium*, le *fer* et le *phosphore ;* il est probable qu'on peut y ajouter le *sodium*, le *chlore*, le *manganèse*, le *silicium*, etc. Tous ces principes forment entre eux des combinaisons très-diverses, et leurs rapports qualitatifs et quantitatifs varient pour chaque plante. — Les matières alimentaires une fois déterminées, il importait de connaître comment elles s'intro-

duisent dans le végétal. Les liquides seuls peuvent pénétrer dans la plante, par conséquent les principes solides doivent être en solution; mais tout n'est pas fini par cette introduction préliminaire. Cette *sève*, comme on l'appelle, a besoin d'une préparation qui ne s'effectue que dans les parties vertes de la plante, sous l'influence de la lumière : elle constitue alors la *sève élaborée* qui doit nourrir le végétal. — Les matières nutritives entrent dans le végétal par diffusion ou endosmose. Les cellules des racines sont les organes absorbants par excellence, elles enlèvent au sol ce dont elles ont besoin : toutefois ce pouvoir électif n'a rien d'absolu. Sans doute la physique et la chimie sont à l'œuvre dans cette élaboration des cellules, mais les actions physiologiques y ont aussi leur part. Dans certains cas l'absorption se fait par d'autres surfaces que les racines (germes, parasites, bourgeons). Les principes insolubles sont préalablement modifiés. — Les racines, après avoir attiré le liquide dans la plante, le chassent dans la tige; la capillarité, l'imbibition par les pores invisibles et les changements de température le font arriver dans les feuilles. Les feuilles transpirent, respirent et sont le siége de la transformation des principes nutritifs. Il y a peu d'années, on confondait la respiration avec un phénomène tout opposé : on croyait que la respiration des plantes était l'inverse de celle des animaux; or il s'est trouvé que ces deux phénomènes sont identiques. La respiration proprement dite est une inspiration d'oxygène et une exhalation d'acide carbonique. Le phénomène opposé, qui consiste en une émission d'oxygène, et qui s'accomplit sous l'influence de la lumière dans les cellules à chlorophylle est un phénomène de nutrition. — On sait que la plante a besoin d'air, que cet air y circule, et on connaît la cause de ce mouvement. — La production de chaleur chez les végétaux et la périodicité de son maximum sont aussi des faits constatés.

IV

Les principes nutritifs se transforment en principes élaborés, dont nous avons fait l'inventaire dans la cellule. — Toute la vie du végétal réside dans le *protoplasme,* auquel d'autres principes ne tardent pas à se mêler : de là des combinaisons nouvelles. Le protoplasme est souvent animé d'un mouvement de circulation; il a pour base des matières albuminoïdes, mais on se demande encore comment les substances albumineuses se forment. — La *chlorophylle* ou matière verte n'est que du protoplasme verdi; elle se développe sous l'influence de la lumière et présente ordinairement de petites masses arrondies. La chlorophylle est le siége de l'élaboration; les grains d'amidon qu'elle renferme souvent sont un produit de son activité vitale. En automne, le protoplasme et la chlorophylle se dissolvent et quittent les feuilles pour s'emmagasiner dans les parties vivaces. —L'*amidon* s'accroît par *intussusception*, c'est-à-dire que de nouvelles particules de substance plastique s'insinuent entre les anciennes, et il se porte vers les organes à l'état de croissance. — La *cellulose*, qui forme l'enveloppe des cellules, dérive aussi du protoplasme; l'amidon, le sucre, l'inuline et les graisses sont les matériaux au moyen desquels la cellulose est créée. La cellulose à son tour se transforme en *gommes, lignine, liége, cuticule, matières colorantes*, etc.

Les substances une fois élaborées se portent partout où le développement doit avoir lieu, surtout aux extrémités de la plante. Les divers tissus conducteurs ont leurs rôles assignés; les cellules allongées des faisceaux fibro-vasculaires semblent livrer passage aux matières azotées, le parenchyme de l'écorce, de la moelle, etc., sont les véhicules des substances non azotées. Le parenchyme du corps ligneux sert de dépôt aux réserves nutritives. Les laticifères n'ont pas encore dit leur dernier mot.

Les *forces motrices* résident soit dans les principes eux-

mêmes, soit dans les tissus conducteurs. Les mouvements à travers les cellules closes semblent, au premier abord, devoir rencontrer des obstacles infranchissables, et pourtant il n'en est rien : la tension des tissus, la diffusion et les métamorphoses chimiques, surmontent sans peine cette prétendue difficulté.

C'est à la suite de ces phénomènes d'élaboration et de transport que la plante s'assimile les aliments qui lui sont nécessaires, et qu'elle opère son accroissement. Ce dernier résultat est obtenu par la multiplication des organes élémentaires. On n'admet plus de nos jours le développement cellulaire en dehors des cellules : toute cellule se forme dans une cellule mère préexistante, soit par formation libre, soit par cloisonnement : ce dernier mode est le plus répandu, chaque cellule se partage en deux par une cloison, et, tant que ce cloisonnement dure, le tissu se développe. — L'accroissement en épaisseur de la membrane cellulaire n'est pas un dépôt répété de couches concentriques, mais un développement par intussusception résultant d'une infiltration à l'état liquide. — Les couches annuelles des dicotylées ligneuses ont reçu plusieurs interprétations; quelques auteurs ont cru à des formations descendantes émanant des bourgeons ou des feuilles; actuellement on n'admet que la formation sur place, due à la zone génératrice qui sert d'intermédiaire entre le bois et l'écorce.

Tout ce qui a rapport au *parasitisme* a été étudié avec plus d'ensemble, et a reçu par cela même une explication plus rationnelle. Les parasites vivent aux dépens d'autres plantes vivantes. Les uns renferment de la chlorophylle, les autres en sont dépourvus. Plusieurs sont entièrement parasites, d'autres ne le sont qu'à demi; de là des modifications dans leur nutrition.

V

La tâche que nous avons prise de faire connaître la botanique moderne nous paraît de plus en plus ingrate, à mesure que nous avançons; nous sommes obligé de supprimer et de condenser sans cesse, tant les faits sont nombreux! Nous poursuivrons

pourtant notre marche, au risque d'être fastidieux pour les spécialistes, et trop incomplet pour les moins initiés.

La *structure moléculaire* des plantes a exercé la sagacité de plusieurs botanistes. Sans doute dans cette théorie bien des choses sont conjecturales, mais un certain jour jaillit de l'ensemble, et les parties obscures apparaissent quelque peu lumineuses. Dans cette théorie, l'organisation s'accroît par intussusception : on a étudié, à ce point de vue, la molécule elle-même, le grain d'amidon, la membrane cellulaire, les cristalloïdes, enfin le protoplasme avec la chlorophylle et le nucleus. C'est par le mode de distribution de l'eau que l'on explique la stratification et les stries des membranes. — La *tension des tissus* et les *mouvements* ont également leur théorie mécanique. — On a groupé méthodiquement les faits qui se rapportent au *clématisme* des végétaux grimpants, ainsi qu'aux mouvements de toute nature qu'on observe, et qu'il importe de ne pas confondre. Autres sont les mouvements appelés spontanés, dus à la lumière, au sommeil, ou relatifs à la fécondation et à la dissémination; autres, les mouvements provoqués chez la sensitive, etc. — On a constaté que l'éthérisation agit sur les végétaux aussi bien que sur les animaux.

Si nous parlons ici des *plantes carnivores*, ce n'est guère à titre de nouveauté : les phénomènes observés datent du dernier siècle, et l'interprétation qu'on leur donne n'est pas non plus nouvelle. L'observation récente n'a ajouté que des minuties qui ne prouvent rien, et les conclusions qu'on en tire ne sont que de pures subtilités. On sait depuis longtemps que certaines plantes, par les mouvements provoqués qu'elles exécutent, ou par le mucilage gluant qu'elles exsudent, arrêtent accidentellement certains insectes qui y trouvent la mort; d'autres ont des réservoirs de liquides ou parfois les petits imprudents se noient. Il est clair, dit-on, que puisque la plante arrête les insectes, c'est qu'elle veut s'en nourrir. D'un autre côté, l'animal ainsi pris est souvent décomposé par la liqueur acide que la plante distille : donc cette liqueur n'est autre que le suc gastrique, et la prétendue décomposition est une digestion véritable, et puisque diges-

tion il y a, il faut bien que ce chyle serve à la nutrition de la plante.

Comme on le voit, les partisans du carnivorisme végétal sont logiques. M. Darwin, qui n'admet les causes finales que lorsqu'il peut en faire son profit, est un des adeptes les plus enthousiastes de cette opinion. — 1° Pourquoi certaines plantes exécuteraient-elles de si curieux mouvements, s'ils ne devaient pas tourner à leur avantage ? En admettant que tout dans la nature a sa raison d'être, nous rappellerons que la sensitive, la plante sensible par excellence, ne fait aucune capture. En outre, il suffit d'abandonner un liquide quelconque dans un vase ouvert pour y rencontrer de petites mouches noyées, au bout d'un certain temps, surtout si le liquide est sucré; c'est d'ailleurs ainsi qu'on prend les fourmis au fond d'une bouteille. Mais, dit-on 2°, que signifie cette décomposition dont le résultat est si analogue au produit d'une action digestive, et quel peut en être le but ? Que de choses dans la nature dont on ne peut rendre compte ! Qui sait si les plantes dont les glandes sécrètent des liquides digestifs, et dont la plupart ne font pas la chasse aux insectes, n'aident pas à la digestion de l'homme qui s'en nourrit, ou des animaux qui les broutent ! 3° Enfin M. Darwin et ses partisans conviennent que rien jusqu'ici ne *prouve* la nutrition des plantes par ce moyen : or c'est précisément là le point capital. En supposant même l'absorption du suc en question, il ne s'ensuivrait pas qu'il contribue à nourrir la plante ; combien de substances inutiles ou nuisibles peuvent pénétrer dans les végétaux. Il est constaté que toutes les plantes réputées carnivores ont leurs fonctions de nutrition analogues à celles des autres plantes, et qu'elles peuvent fort bien se passer de ce mode supplémentaire.

VI

La Reproduction à son tour nous apporte son contingent d'observations nouvelles. Si nous prenons la reproduction dans le sens le plus étendu, on peut dire qu'elle est connue depuis l'époque la plus reculée : le Créateur avait commandé à la terre de faire sortir de son sein des végétaux capables de se reproduire, et les yeux les moins perspicaces avaient observé l'effet de cette divine parole. Les multiplications par marcottes, boutures et graines sont des connaissances primitives; la greffe elle-même date des temps anciens. Dans l'antiquité on n'avait sur la théorie de la fécondation que des idées très-confuses. A l'époque de la renaissance, on entrevit la sexualité des végétaux; mais ce n'est qu'en 1822 qu'on prit la fécondation sur le fait : Amici avait vu le tube pollinique; plus tard on vit ce tube pénétrer dans l'ovule, et dès lors le mystère fut dévoilé. Mais tout n'est pas dit par cette notion générale, et la physiologie moderne a ajouté une foule de détails intéressants. — Le microscope a découvert, à la base du sac embryonnaire, des cellules appelées *antipodes* dont on ignore jusqu'ici la fonction, et à son sommet une sorte de coiffe ou *appareil filamenteux*, qu'on peut considérer comme un agent de transmission dans l'action fécondatrice. — Le pollen est souvent impuissant pour la fleur même qui l'a produit, et celui d'une autre fleur est nécessaire pour féconder le pistil (*primula*, plusieurs orchidées, etc.). — Chez les *Phanérogames*, la fécondation résulte du contact des tubes polliniques avec les vésicules embryonnaires. La vésicule fécondée s'entoure d'une double membrane de cellulose et devient une cellule; cette cellule s'allonge et se divise en deux par une cloison horizontale : la cellule inférieure, en se cloisonnant dans tous les sens, devient l'embryon, et la supérieure se développe en filament suspenseur. Souvent aussi il se produit dans le sac embryonnaire un tissu nommé *albumen*, destiné à nourrir la jeune plante. — La fécondation des cycadées et des conifères présente certaines particularités qu'il importe de signaler. Le grain

de pollen donne naissance à une série de cellules, dont la dernière s'allonge en tube pollinique. Chez l'organe femelle, certaines cellules de l'albumen, appelées *corpuscules,* donnent naissance, à leur sommet, à quatre cellules plus petites qui forment la *rosette operculaire,* et contre lesquelles le tube pollinique vient s'appliquer; après quoi l'on voit apparaître au bas du corpuscule quatre cellules formant la *rosette inférieure,* suivie de quatre tubes accolés qui portent l'embryon. — Chez plusieurs de ces plantes la graine ne mûrit que la troisième année.

Les *fécondations croisées* ont beaucoup occupé les botanistes modernes, et les partisans de la transmutation des espèces s'en sont prévalus, bien à tort, pour appuyer leurs théories; les hybrides, abandonnés à eux-mêmes, ne se maintiennent pas : les caractères provenant de deux parents différents sont toujours en lutte, jusqu'à ce que la victoire reste d'un seul côté. — La *parthénogenèse,* ou production de graines sans fécondation, a échoué devant un examen sérieux, et la *génération spontanée* a également fini son temps.

Chez les *Cryptogames*, on s'était contenté d'admettre une reproduction non sexuelle, mais, dans ces dernières années, on a découvert chez un grand nombre, des organes sexuels aussi bien constitués que ceux des Phanérogames; même, dans plusieurs cas, on a assisté à l'acte fécondateur; on est donc en voie de conclure à la règle générale. — Les sexes furent indiqués chez les Algues par M. J. Decaisne en 1842, et la confirmation expérimentale de la fécondation fut donnée par Thuret en 1853. La reproduction sexuelle, au moyen d'*anthéridies,* ou organes mâles, et d'*archégones,* ou organes femelles, a été observée en outre chez les Fougères, les Lycopodiacées, les Rhizocarpées, les Équisétacées, les Mousses, les Hépathiques, les Characées et chez quelques Champignons. — Chez un grand nombre de Cryptogames, les corps reproducteurs, appelés *spores,* donnent naissance, en germant, à une production filamenteuse ou foliacée appelée *prothalle :* c'est du prothalle que part la nouvelle plante, soit par un bourgeon, soit par des organes sexuels dont la fécondation donne lieu au germe d'un nouvel individu.

VII

Les botanistes modernes ne se sont pas contentés d'aborder les grandes questions de la physiologie générale, qui ont pour objet la nutrition et la reproduction ; ils ont assisté en outre au développement de chaque organe en particulier. Il est curieux de suivre une plante depuis son état de simple cellule, jusqu'à sa forme définitive, produisant des fruits et des graines ; nous avons affaire ici à une science nouvelle, qui a reçu le nom d'Organogénie. — La *cellule* est le siége de cloisonnements successifs qui la font passer à l'état de tissu (parenchyme) ; plusieurs cellules ainsi formées s'allongent en *fibres* fusiformes ; d'autres se superposent et se perforent pour constituer des *vaisseaux* : de là ces tissus si variés et si caractéristiques. — Nous voyons d'abord la graine se former par suite de la fécondation ; puis la germination de cette graine, souvent même avant la maturité qu'on a crue longtemps indispensable. Nous assistons ensuite à tous les développements successifs qui donnent lieu à la racine, à la tige ramifiée, aux feuilles, aux fleurs, aux fruits et aux graines : tous ces organes ont leur enveloppe commune appelée *épiderme* dont la structure est loin d'être toujours identique. Nous ne saurions, dans cet exposé sommaire, entrer dans les détails que comporte une matière si vaste. Il y aurait bien des choses à dire sur le développement toujours terminal de la racine, sur l'allongement simultané des entre-nœuds de la tige, sur la formation successive des différentes parties de la feuille, tantôt basipète, tantôt basifuge, sur la durée et la chute de cet organe. L'organogénie de la fleur a été pour Payer l'objet d'un beau traité illustré. Il n'est aucune particularité qui n'ait donné lieu à une discussion, quoique les auteurs ne soient pas toujours tombés d'accord dans leur manière d'apprécier. Le fruit à son tour a été suivi dans ses évolutions jusqu'à sa pleine maturité, et la graine n'a été abandonnée qu'après sa dissémination, alors qu'elle va recommencer le cycle que nous venons de parcourir.

Ici ne se terminent pas les investigations des botanistes : les

plantes, aussi bien que les animaux, sont sujettes aux MALADIES, qui constituent un état anormal dans l'ordre physiologique. Sans compter les mille et une infirmités depuis longtemps connues, et qui sont dues tantôt à des causes météoriques, tantôt à un excès ou à un affaiblissement de force végétative, d'autres fois à des lésions de toute nature, ou à des parasites des deux règnes organiques, nous avons eu, surtout dans ces derniers temps, à lutter contre de petits ennemis qui s'en prenaient à nos récoltes. En 1845, nos pommes de terre furent envahies par un minime champignon; en 1847, les vignes eurent le même sort; en 1865, un puceron est venu à son tour attaquer nos vignobles. La science n'est point restée oisive pour conjurer ces fléaux, et dans plus d'une circonstance elle en a triomphé.

VIII

Nous ne pouvons nous arrêter que fort peu à la Botanique systématique, qui a été le point de départ de la science. La CLASSIFICATION naturelle des végétaux, qui avait beaucoup préoccupé Linné, et dont les de Jussieu avaient trouvé la clef, a continué à se perfectionner; les familles naturelles ont été mieux circonscrites dans ces derniers temps. En ce moment, la grande préoccupation des botanistes classificateurs est le groupement des familles en classes. Cette tâche ne recevra jamais son parfait accomplissement; les découvertes nouvelles, jointes aux diverses manières de voir et d'apprécier, feront toujours de cette branche un échafaudage plus ou moins provisoire qui pourra être renversé du jour au lendemain.

Tous les végétaux connus peuvent se ranger en deux catégories : les *Phanérogames* et les *Cryptogames*. Les Phanérogames, ou plantes à fleurs, comprennent les *Dicotylées* et les *Monocotylées*. Où faut-il placer les *Gymnospermes?* Les uns en font une subdivision des Dicotylées; les autres les croient assez importantes pour former une division primaire des Phanérogames, qui servirait de pendant aux *Angiospermes* (Dicotylées et Monocotylées). — Les *Diclines*, longtemps considérées comme

un groupe des Dicotylées, ont été démembrées et dispersées dans les diverses classes. Les *Apétales* finiront probablement par avoir le même sort. Comme on le voit, on est loin de s'entendre.

Les Cryptogames ou Acotylées, qui laissaient le plus à désirer, ont été l'objet d'études approfondies. On a débuté, comme chez les Phanérogames, par le débrouillement des espèces. Les principaux groupes sont restés, mais les subdivisions chancellent sur leurs bases. — Les Lichens voudraient s'introduire chez les Champignons, et ceux-ci refusent de les admettre, sous prétexte qu'ils sont parasites des Algues. Toutefois ce parasitisme n'est pas prouvé, et les organes des Lichens qui renferment de la chlorophylle sont considérés généralement comme les gonidies propres à ces plantes. — Les Champignons sont menacés d'une révolution; on leur attribue des déguisements et des métamorphoses qui les font paraître tout autres, et qui ont fait croire à autant d'espèces différentes; ainsi, les *Æcidium* et les *Uredo* ne seraient pas des espèces autonomes, mais des formes des *Puccinia;* le *Rœstelia cancellata* du Poirier proviendrait du *Podisoma Juniperi.* Avons-nous réellement affaire ici à des protées qui nous trompent et faut-il admettre le polymorphisme? L'avenir en décidera.

IX

Les herborisations sans nombre, dans tous les pays, ont permis d'étudier la distribution des plantes à la surface du sol, et les lois qui président à cette répartition. La science toute nouvelle, à laquelle on a donné le nom de Géographie botanique, fait tous les jours de nouveaux progrès, et son importance devient de plus en plus évidente; elle sert de base à la naturalisation des végétaux. On a beaucoup insisté sur l'influence de la température; on a discuté la valeur des lignes *isothermes* (à température égale), *isothères* (à été semblable) et *isochimènes* (à hiver analogue); on a eu recours aussi aux *sommes de chaleur.* Il est reconnu également combien la lumière, l'humidité, la composition du sol, présentent d'importance, et jusqu'à quel point elles méritent d'être prises en considération.

Non content d'étudier le tapis végétal, on a pénétré dans les entrailles de la terre pour saisir les restes des végétaux éteints et faire ainsi l'histoire naturelle du monde primitif. L'étude de la Paléontologie est également toute récente, et nous savons à quoi nous en tenir sur ces fossiles que les anciens appelaient des jeux de la nature. Quoique l'immense majorité des plantes primordiales ait disparu sans laisser de traces, à l'instar de celles qui constituent la houille, il en reste néanmoins assez pour caractériser les couches successives qui servent d'enveloppe au globe que nous habitons. Les bois pétrifiés, réduits en plaques minces et transparentes, peuvent même nous édifier sur leur structure anatomique. Le nombre de ces restes antiques est très-considérable, et, outre les groupes complétement disparus, la plupart des familles actuelles y trouvent des représentants.

Les auteurs, qui ont voulu faire de la science en mettant de côté le Créateur, ont cherché à étayer leurs opinions sur des hypothèses qui ne résistent pas à un examen sérieux; les uns ont eu recours à la *génération spontanée,* et l'on sait combien, de nos jours, cette opinion a dû reculer en face des recherches de nos savants; d'autres, partant d'une supposition semblable ont imaginé la *transmutation des espèces* pour expliquer les formes diverses de tous les végétaux. M. Darwin s'est fait le champion de cette doctrine surannée; selon lui, les plantes de la nature actuelle seraient les descendants de celles du monde primitif, qui, à leur tour, résulteraient de transmutations successives partant d'un même point. Quiconque a étudié sans idées préconçues, ne verra dans cette théorie que des hypothèses sans base, et des conclusions qui ne découlent nullement des prémisses.

X

On serait dans l'erreur si l'on s'imaginait que la botanique est une science purement spéculative qui n'aurait pour but que d'orner l'intelligence de l'homme; dès le principe, l'homme en a fait une application journalière pour soulager ses infirmités (*botanique médicale*); il l'a appliquée à la grande et à la petite

culture (*botanique agricole* et *économique*), au jardinage (*botanique horticole*), aux arts et à l'industrie (*botanique industrielle*). On peut aussi envisager les plantes au point de vue *philosophique*, *littéraire*, *historique*. Toutes ces applications ont été faites et perfectionnées dans les temps modernes. — Les progrès de la chimie ont démêlé les principes qui entrent dans la composition des plantes et donné le moyen de les extraire : l'art de guérir en a fait son profit, et il n'est plus obligé d'agir en aveugle, d'une manière empirique. L'agriculteur a appris à connaître ce que chaque culture demande de spécial; l'analyse du sol constate ce qui lui manque, et les amendements sont appliqués d'une manière rationnelle. Certains terrains improductifs ont été appropriés par les irrigations ou par le drainage. Les instruments agricoles ont été perfectionnés, et la main-d'œuvre a été simplifiée par des machines de tout genre. A mesure que les habitations ont fait invasion sur les terrains livrés à la culture, on a forcé la terre, réduite dans son étendue, à produire avec plus d'abondance. Pour ne citer qu'un exemple des progrès réalisés d'année en année, nous mentionnerons la production du sucre, devenu indigène par la culture de la betterave : en 1853, elle était de 1,400 millions de kilogrammes (1,200 millions extraits de la canne, 200 millions de la betterave); en 1872, elle s'élève à près de 3 milliards de kilogrammes (1,800 millions de la canne, 1,143 millions de la betterave). — Les bois dont l'homme a envahi le domaine ont été se réfugier dans des terres incultes, et on a vu les terrains les plus ingrats, les plages les plus désertes se couvrir d'arbres qui prospèrent. — Nos jardins se sont embellis, et le plus simple particulier possède aujourd'hui des plantations d'agrément dont jadis les princes auraient été fiers. — On ne saurait se faire une idée de tout ce que les arts et l'industrie retirent chaque jour du règne végétal; les bois de toute nature, les produits les plus divers, et, pour ne citer que le caoutchouc et la gutta-percha, que de ressources n'a-t-on pas trouvées dans ces deux substances, dont la dernière sert de revêtement indispensable à nos fils télégraphiques sous-marins.

Tels sont, d'une manière bien sommaire, les progrès accom-

plis par la botanique dans ces derniers temps. On comprend combien notre tâche a été difficile à cause de l'abondance des faits; elle aurait été plus que doublée s'il nous avait fallu mentionner en détail le contingent que chaque auteur a apporté à cet édifice toujours en construction. Ceux qui voudront connaître plus spécialement les travaux exécutés dans ces quelques années, les trouveront signalés pour la plupart dans les *Bulletins des Sociétés botaniques de France et de Belgique;* ils en verront surtout un compte rendu détaillé dans le *Répertoire de la littérature botanique de tous les pays,* commencé en 1873 par le docteur *Léopold Just* ([1]).

Les différents points de vue sous lesquels nous venons d'envisager la botanique, nous font comprendre l'importance de son étude. De nos jours, les connaissances en histoire naturelle, et particulièrement en botanique, tendent de plus en plus à se vulgariser; des journaux et des recueils de toute sorte contribuent à la rendre pour ainsi dire populaire; des cours s'ouvrent partout, pour initiér dans chacune de ses branches; et le cultivateur, non plus que l'horticulteur, ne se contentent plus, comme autrefois, d'une simple pratique traditionnelle. — Ceux qui font abstraction des causes finales ne voient dans tout cela que la suite d'une évolution sans but prémédité, où tout arrive nécessairement. L'homme, au contraire, qui réfléchit après avoir étudié, et qui ne se laisse guider ni par les préjugés ni par les passions, ne peut s'empêcher de reconnaître, dans ce progrès où tout s'enchaîne, le concours d'une Providence spéciale qui dirige tout vers un but unique, lequel n'est autre que la gloire de Celui qui a tout fait.

([1]) *Botanischer Jahresbericht* von Dr L. Just. Berlin, 1873, ...

FIN DE LA SECONDE PARTIE.

Cro

1 a 28
29 a 32
nb





